

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS



TESIS DOCTORAL

La geomorfología en los estudios del medio físico y planificación territorial.
Propuesta metodológica y aplicación a un sector del Sistema Central

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

José Francisco Martín Duque

Directores

Javier de Pedraza Gilsanz

Madrid

ISBN: 978-84-669-1600-4

© José Francisco Martín Duque, 1997



BIBLIOTECA U.C.M.



5308149444

T
921

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS GEOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE GEODINÁMICA



LA GEOMORFOLOGÍA EN LOS ESTUDIOS DEL MEDIO FÍSICO Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL. PROPUESTA METODOLÓGICA Y APLICACIÓN A UN SECTOR DEL SISTEMA CENTRAL

Tesis Doctoral

JOSÉ FRANCISCO MARTÍN DUQUE

Enero 1997

R. 8.389



D-S

FACULTAD CC. GEOLÓGICAS
BIBLIOTECA

Director:

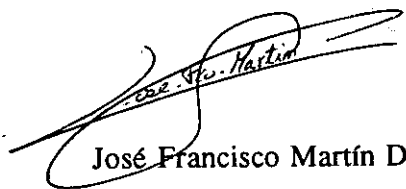
*JAVIER DE PEDRAZA GILSANZ
Departamento de Geodinámica
Facultad de Ciencias Geológicas
Universidad Complutense de Madrid*

Esta Memoria es presentada por José Francisco Martín Duque para optar al grado de Doctor en Ciencias Geológicas. Ha sido realizada bajo la dirección del Dr. Javier de Pedraza Gilsanz en el Departamento de Geodinámica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, y durante el periodo de su ejecución el doctorando ha contado con el apoyo de una Beca Predoctoral de la UCM (1991-1995).

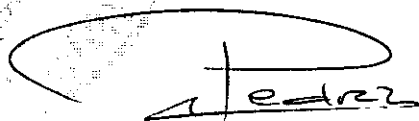
Madrid, enero de 1997.

El Doctorando,

El Director de la Tesis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José F. Martín Duque', written over a faint circular stamp.

José Francisco Martín Duque

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Javier de Pedraza', written over a faint circular stamp.

Javier de Pedraza Gilsanz

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo, quiero manifestar mi agradecimiento a las numerosas personas que han hecho posible su realización.

En primer lugar a Javier de Pedraza, director de la tesis, por múltiples razones; entre ellas: permitirme acceder a un campo de estudios que siempre me motivaron; por su dedicación, sabiendo que somos muchos quienes la requerimos; por poner de su parte cuanto fue necesario en los momentos precisos ('integridad física' incluida); y por una formación más amplia que la estrictamente científica, relativa sobre todo a una determinada forma de interpretar la realidad.

La labor de Miguel Ángel Sanz, Rosa M^a Carrasco y Andrés Díez, ha sido imprescindible para la consecución del trabajo y por ello les estoy enormemente agradecido; espero que los resultados se correspondan con su gran esfuerzo. M^a Ángeles Barroso (Nines) ofreció su tiempo y conocimientos; y Aurora Martín las necesarias lecturas del texto final (aportó además, junto a Miguel Ángel, otro integrante al equipo: María). La ayuda de Paquita, Salomón, y nuestros compañeros de Departamento ha sido también inestimable.

A M^a Victoria Ramos y Hortensia Estevez, de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias Geológicas, les agradezco su profesionalidad; a Agustín Blanco y a Jesús Sánchez su disposición permanente; a la empresa Infocarto S.A., la cesión desinteresada de modelos digitales del terreno e imágenes Landsat, y la posibilidad de utilizar sus equipos; a la UCM, la financiación del proyecto de investigación PR219/94-544 *"Modelo de diseño y control en la restauración de explotaciones mineras a cielo abierto"*, en el cual se basa el ejemplo de restauración del paisaje.

A Miguel Ángel Moreno, Javier Oria, Ana Teresa López, Nacho Rico, Giuliano Cannata, Javier Montalvo, Luis Polo, Emilio Blanco, Manuel Marcos y Valentín Gómez, la cesión amable de datos y documentos de gran interés.

A Leopoldo Yoldi y Mariano Carabias, la colaboración de varios años de trabajo entusiasta en Segovia, en especial en las 'Jornadas sobre el Paisaje'. A mis amigos más directos les agradezco su aliento; particularmente a Alberto y M^a Ángeles, por su constante apoyo moral y técnico.

Una mención muy entrañable quiero hacer a Pilar Garcinuño, por haber tenido entre sus preocupaciones prioritarias este trabajo. Por extensión, a toda esa familia.

El agradecimiento más señalado es para cuatro personas. Mis padres, Pepe y Angelines, hicieron —simplemente— todo. Mi gran hermano Ángel demostró, entre sus muchas cualidades, una enorme paciencia conmigo. Finalmente, Pilar ha tenido el papel más destacado desde hace ya varios años; en ellos me aguantó de una forma que dice todo a su favor, y merece por tanto el reconocimiento más especial.

ÍNDICE

Planteamiento	1
 Parte I. Desarrollo teórico	
1. El medio físico y la actividad humana	7
1.1. La problemática ambiental	7
1.2. Los estudios del medio físico	11
1.2.1. Planificación y ordenación territorial	13
1.2.2. Evaluación de impactos ambientales (EIA)	22
1.2.3. Restauración ecológica	23
1.2.4. Estudios sobre paisaje	24
1.2.4.1. Significado del término	25
1.2.4.2. Paisaje ecológico	28
1.2.4.3. Paisaje percibido	28
1.2.4.4. Diseño paisajístico	31
1.3. Síntesis. La planificación integrada como objetivo	31
2. Fundamento y metodología de los estudios integrados	35
2.1. Terminología relacionada con los procedimientos: análisis, clasificación y evaluación territorial	35
2.2. Desarrollo histórico: antecedentes y evolución	37
2.2.1. Escuelas geográficas europeas	37
2.2.2. Escuelas fisiográficas anglosajonas	38
2.2.3. Planificación ecológica	39
2.2.4. Estudios integrados en España	40
2.3. Tipos de metodologías	41
2.3.1. Procedimientos fisiográficos	42
2.3.1.1. Grandes unidades: método genético	42
2.3.1.2. Unidades menores: métodos fisiográficos (s.s.) o paisajísticos	43
2.3.2. Procedimientos paramétricos	44
2.4. Síntesis. Los procedimientos geomorfológicos como base de los métodos fisiográficos	46

3. Clasificaciones y evaluaciones fisiográficas	49
3.1. El objeto de clasificación	49
3.2. Carácter científico y aplicado	49
3.2.1. Bases conceptuales y metodológicas	50
3.2.2. Aplicación	53
3.3. Tipos de clasificaciones: resumen general	54
3.4. Ejemplos de métodos fisiográficos o similares aplicados en planificación territorial	58
3.5. Síntesis	67
4. La Geomorfología en los estudios integrados y del medio físico	69
4.1. Ciencias de la Tierra y estudios del medio físico: Geología Ambiental	69
4.2. Geomorfología Ambiental	72
4.2.1. El mapa geomorfológico como base de la aplicación	76
4.2.2. Procesos geomorfológicos y riesgos naturales	80
4.2.3. Planificación territorial	81
4.2.3.1. Prospectiva e inventario	82
4.2.3.2. Clasificación del relieve en la definición de unidades geoambientales	84
4.2.3.3. Evaluación y el diagnóstico territorial con criterios geomorfológicos	86
4.2.3.4. Procesos y riesgos	88
4.2.4. Evaluación de impactos geomorfológicos	88
4.2.5. Restauración geomorfológica	90
4.2.6. Geomorfología y estudios sobre paisaje	91
4.3. Síntesis. Planificación territorial, EIA, restauración y paisaje como temas pendientes de la Geomorfología Ambiental	94
5. Contribución de la Geomorfología a la clasificación-evaluación del territorio: propuesta metodológica	97
5.1. Justificación	97
5.2. Fundamento	99
5.2.1. Categorías geomorfológicas o del relieve	99
5.2.2. Problemática ambiental y ámbitos territoriales de actuación	101
5.3. Propuesta para la clasificación del territorio a partir de unidades del relieve	105
5.3.1. Regiones ffsico-geológicas	106
5.3.2. Regiones geomorfológicas	111
5.3.3. Dominios del relieve	111
5.3.4. Elementos del relieve	113
5.4. Contribución para definir unidades integradas del medio físico	115
5.4.1. Regiones ffsico-geológicas: bases para establecer regiones naturales	116
5.4.2. Regiones geomorfológicas: bases para establecer regiones fisiográficas	117
5.4.3. Dominios del relieve: bases para establecer comarcas fisiográficas	120
5.4.4. Elementos del relieve: análisis sectoriales	121
5.4.4.1. Pautas para la evaluación con técnicas paramétricas	127
5.5. Clasificación del relieve y ordenación del territorio	128

Parte II. Desarrollo y validación de la propuesta metodológica

Ámbito de aplicación	133
----------------------	-----

6. El territorio	137
6.1. Características morfológicas	137
6.1.1. El relieve	137
6.2. Problemática ambiental	139
6.2.1. Evolución histórica de las transformaciones territoriales	140
6.2.1.1. Actividades agrosilvopastoriles	140
6.2.1.2. Cantería y minería tradicionales	144
6.2.1.3. Poblamientos y primeras obras públicas	146
6.2.2. Transformaciones recientes	147
6.2.2.1. Abandono de prácticas agrarias tradicionales. Repoblaciones forestales	147
6.2.2.2. La minería moderna	148
6.2.2.3. Urbanización e infraestructuras	149
6.2.3. Ordenación del territorio	155
6.2.3.1. Planeamiento urbanístico	155
6.2.3.2. Espacios protegidos	156
7. Clasificación del relieve	161
7.1. Regiones físico-geológicas: bases para establecer regiones naturales	161
7.1.1. Clasificación-descripción	161
7.1.2. Discusión	165
7.1.2.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial	166
7.2. Regiones geomorfológicas: bases para establecer regiones fisiográficas	166
7.2.1. Clasificación-descripción	167
7.2.2. Transformación de las regiones geomorfológicas y fisiográficas	171
7.2.3. Discusión	175
7.2.3.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial	181
7.3. Dominios del relieve: bases para establecer comarcas fisiográficas	183
7.3.1. Clasificación-descripción	184
7.3.2. Aproximación a las comarcas fisiográficas	189
7.3.2.1. Comarcas fisiográficas y geográficas	195
7.3.3. Discusión	199
7.3.3.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial	199
7.4. Elementos del relieve: análisis sectoriales	204
7.4.1. Clasificación-descripción	204
7.4.2. Valoración	212
7.4.2.1. Procesos geomorfológicos actuales y riesgos asociados	212
7.4.2.2. Influencia antrópica en la morfogénesis	217
7.4.2.3. Eficacia morfogenética	223
7.4.2.4. Potencialidad edáfica	231
7.4.2.5. Recursos singulares y paisaje	232
7.4.3. Un ejemplo para planeamiento local	239
7.4.4. Discusión	247
7.4.4.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial	248
8. Los elementos del relieve en la restauración del paisaje. Un ejemplo	249
8.1. Generalidades acerca del proyecto	249
8.2. Características de la explotación minera abandonada	250

8.2.1. Alteraciones en el medio	251
8.3. Objetivos y factores condicionantes de la rehabilitación	254
8.4. El diseño geomorfológico	255
8.4.1. El estudio geomorfológico como punto de partida	255
8.4.2. La clasificación del relieve	256
8.4.3. El perfil definitivo	261
8.5. El suelo y la revegetación	268
8.5.1. Análisis edáficos	268
8.5.2. La selección de especies	270
8.6. Hipótesis sobre la evolución ecológica y paisajística del diseño geomorfológico . . .	270
8.7. Discusión	271
9. Síntesis y conclusiones	283
Referencias	289

ANEXO. Análisis geomorfológico

I.1. Antecedentes y problemática	315
I.2. Clasificación morfogenética	317
I.2.1. Morfologías asociadas a las superficies de erosión (poligénico)	318
I.2.1.1. Formas de denudación	318
I.2.1.2. Formaciones superficiales	321
I.2.2. Morfologías de origen o asociación con la estructura	321
I.2.2.1. Asociadas a la estructura tectónica (tectoestructurales)	321
I.2.2.2. Asociadas a la disposición de los materiales	322
I.2.3. Morfologías de origen gravitacional	323
I.2.3.1. Formas del modelado	323
I.2.3.2. Formaciones superficiales	324
I.2.4. Morfologías de origen periglaciario	325
I.2.4.1. Formas del modelado	325
I.2.4.2. Formaciones superficiales	327
I.2.5. Morfologías de origen glaciario	330
I.2.5.1. Formas de erosión	332
I.2.5.2. Formaciones superficiales	332
I.2.6. Morfologías de origen fluvial	332
I.2.6.1. Formas de erosión	332
I.2.6.2. Formaciones superficiales	335
I.2.7. Morfologías cársticas	338
I.2.7.1. Formas resultantes de la disolución de las rocas	339
I.2.7.2. Formaciones superficiales de acumulación de residuos insolubles	340
I.3. Síntesis	349
I.3.1. Evolución geomorfológica cuaternaria	349
I.3.2. Aportaciones del estudio morfogenético	351
I.4. Referencias	358

PLANTEAMIENTO

Casi todos los especialistas en temas ambientales, coinciden en señalar la importancia que tienen los datos aportados por la Geomorfología al elaborar estudios del medio físico.

Sin embargo, cuando se analizan en detalle esos estudios encontramos que ese papel es poco menos que simbólico o, caso también frecuente, se utilizan datos morfográficos para organizar las unidades territoriales sin que aparezcan otros contenidos que podrían dar más entidad al conjunto de los trabajos.

Por supuesto, la Geomorfología es una herramienta cartográfica de gran utilidad pero, y sobre todo, puede considerarse "una ciencia que sintetiza todos los aspectos abióticos de la superficie terrestre", aportando información relevante acerca de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

Lo anterior es la **hipótesis central** que pretendemos demostrar en este trabajo, es decir: la Geomorfología es equiparable a una "Geología de superficie" capaz de abordar aspectos configuracionales (morfografía de la superficie terrestre) aptos para compartimentar el territorio en porciones homogéneas, pero también aspectos analíticos (genéticos y evolutivos) aplicables al diagnóstico y valoración de dichas porciones.

En base a la hipótesis de partida, el **objetivo** general de este trabajo es el de contribuir a clarificar el papel de la Geomorfología en los estudios del medio físico y la planificación territorial.

Ese objetivo general posibilita además otros particulares, como son: analizar las posibles aportaciones de la Geomorfología a los trabajos sobre restauración ecológica y del paisaje, y la evaluación de impactos ambientales, en los cuales esta disciplina ha participado en escasa medida hasta el momento; y ensayar una propuesta metodológica que integre los datos geomorfológicos en un sistema de clasificación del relieve, apto para los estudios territoriales.

Para la consecución de los objetivos marcados, el trabajo se estructura en dos grandes apartados.

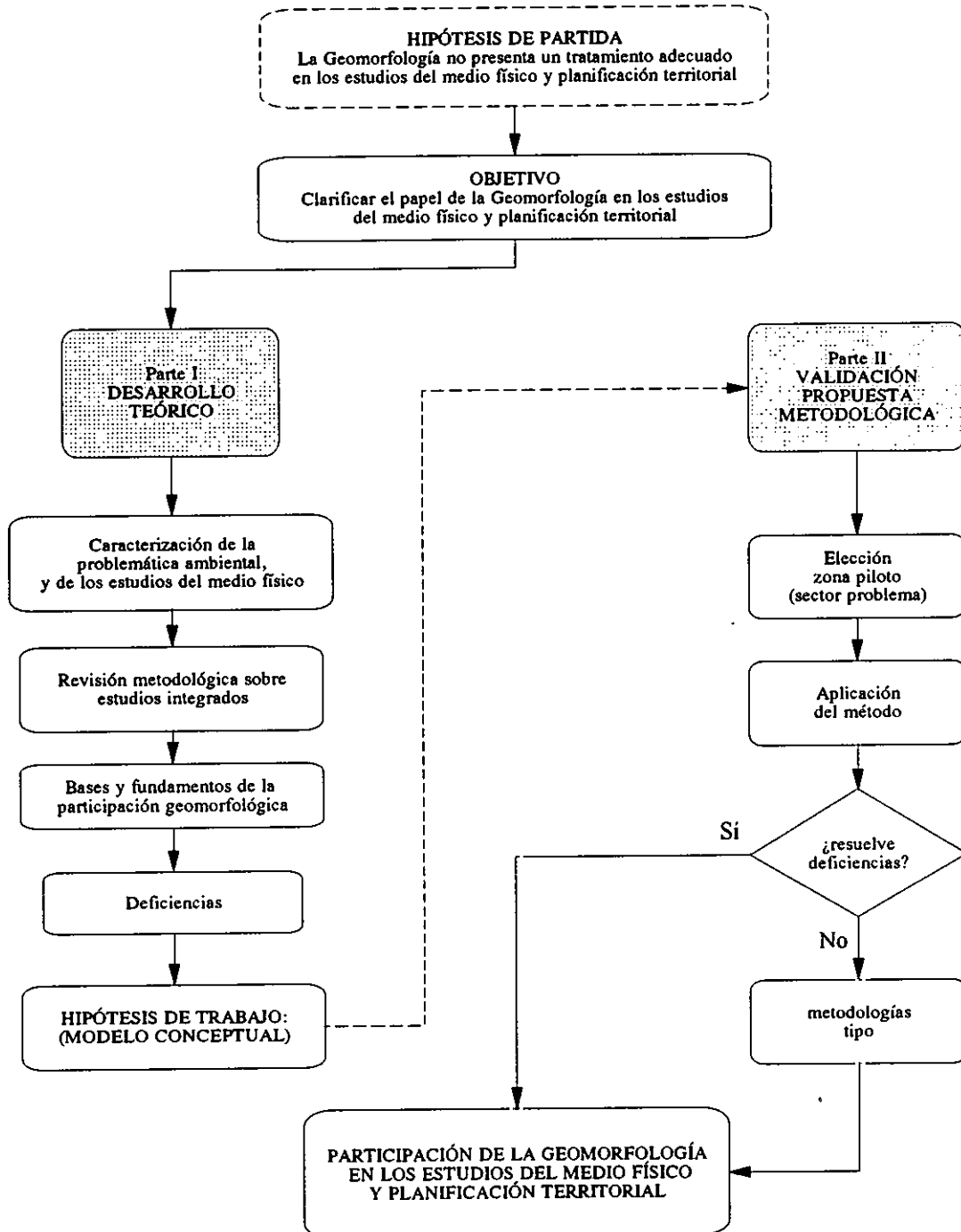
El primero (Parte I) consiste en un estudio teórico y metodológico, y su fin es elaborar una propuesta sobre el papel de la Geomorfología en los estudios del medio físico. En concreto, los pasos a seguir son:

- 1º) caracterizar la problemática ambiental en el momento presente y en nuestro entorno sociopolítico, así como los distintos tipos de estudios del medio físico al uso (capítulo 1)
- 2º) llevar a cabo una revisión metodológica sobre estudios integrados y de planificación territorial (capítulo 2)
- 3º) analizar en detalle los procedimientos en los que la Geomorfología ha participado en mayor medida (capítulo 3)
- 4º) caracterizar las bases y fundamentos de la participación geomorfológica en los estudios integrados (capítulo 4)
- 5º) desarrollar un procedimiento (propuesta metodológica) para estructurar las aportaciones de la Geomorfología a trabajos de planificación territorial y estudios del medio físico (capítulo 5)

El segundo apartado (Parte II) es un trabajo de validación; es decir, para comprobar las excelencias y limitaciones de la propuesta metodológica elaborada a partir del desarrollo teórico. Para ello se aplica dicha propuesta a un sector problema, o zona piloto, seleccionada en función de su adecuación al fin perseguido. Esta etapa permitirá obtener conclusiones acerca de nuestra hipótesis de trabajo.

Respecto a este último objetivo, es necesario precisar que los métodos de planificación y ordenación territorial presentan serias limitaciones para su 'homologación experimental'; realmente sólo es posible medir la consistencia o inconsistencia de una determinada propuesta según resuelva o no los problemas planteados.

Procedimiento a desarrollar



Parte I

DESARROLLO TEÓRICO

1. EL MEDIO FÍSICO Y LA ACTIVIDAD HUMANA

La necesidad que existe de imponer algún tipo de limitación u ordenamiento a las actividades humanas en la Tierra, ha sido ampliamente tratada en la literatura (científica y de divulgación) en los últimos veinticinco años. Los temas que abordan esa problemática surgida de las relaciones entre el hombre y el medio ocupan un primer plano en la sociedad, y se refieren habitualmente como 'ambientales', 'ecológicos', o 'del medio ambiente'. Sin embargo, esto no quiere decir que su tratamiento esté acorde a su popularidad. Ramos (1993), refiriéndose a este particular, señala:

"(...) vista con una pequeña dosis de curtido escepticismo, la abundancia de referencias a una cuestión no implica necesariamente que tal cuestión se estime trascendente ni que haya voluntad de condicionar a ella las acciones, sino sólo que se considera conveniente mencionarla e incluirla en los enunciados." (Ramos, 1993:16).

En este contexto inundado de referencias a lo 'ambiental', y como paso previo a todo análisis, es preciso discutir acerca del verdadero significado de los calificados como 'problemas ecológicos', lo cual permitirá caracterizar más adecuadamente los objetivos particulares de nuestro trabajo.

También es necesario conocer cuáles son las técnicas o herramientas de que disponemos para hacer frente a la degradación del medio. Las señaladas en la literatura especializada son: la 'planificación integrada', reconocida por los expertos como el instrumento preventivo más adecuado para afrontar la degradación territorial, aunque apenas tenga hoy posibilidades de ser aplicada; los procedimientos de 'evaluación de impactos ambientales', que gozan de gran popularidad; y la 'restauración ecológica o del paisaje', campo que comienza a emerger con fuerza sin duda alentado por la demanda social de espacios con un cierto grado de naturalidad y favorecido por una menor presión agrosilvopastoril sobre amplios territorios.

1.1. LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Existe práctica unanimidad al reconocer que fue Marsh (1864) el primer autor 'moderno' que más claramente se hizo eco de la acción degradante del hombre sobre el medio. Sin embargo no sería hasta la segunda mitad del siglo XX cuando estos temas alcanzasen su generalización, es decir, su extensión al conjunto de la sociedad.

La voz de alarma ante un posible agotamiento de determinados recursos naturales (combustibles fósiles, por ejemplo), fue uno de los argumentos que en mayor medida difundió esta problemática a la sociedad. Tales ideas surgen de un grupo de científicos e intelectuales, siendo los más conocidos aquéllos que se agrupaban en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), y el Club de Roma (Ramos, 1993).

En esos círculos, lo que en realidad se discutía era la filosofía del crecimiento ilimitado o neomalthusianismo. Fue una renovación de las ideas del economista británico Malthus, que en su *Essay on Population* (1798) ya defendía la necesidad de controlar la natalidad; su tesis era que la población crecía en una progresión claramente geométrica y los recursos lo hacían en progresión aritmética.

A causa de los conflictos generados por el consumo acelerado de recursos, consecuencia a su vez del desarrollo tecnológico y el crecimiento demográfico y económico (figura 1.1), entre mediados y finales de los años 60 tiene lugar en los países occidentales la llamada 'revolución ambiental'. Este hecho hizo que las cuestiones 'ecológicas' pasasen a ocupar un primer plano en estas sociedades, y favoreció un mejor conocimiento de los procesos y sistemas naturales.

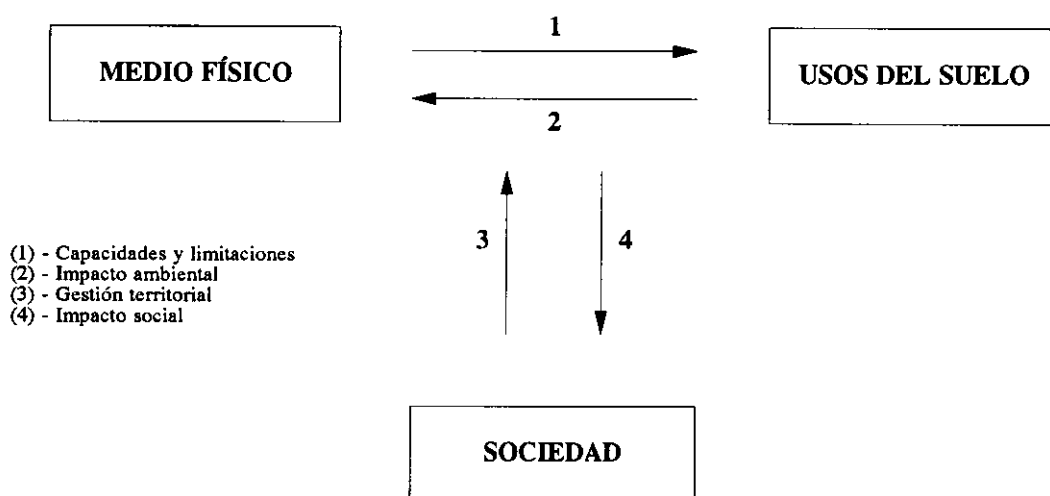


Figura 1.1. Interrelaciones entre el medio físico y la sociedad, a través de los usos (en Hewitt y Wambeke, 1982).

El nacimiento de esa corriente de pensamiento puede situarse en Estados Unidos, en un contexto social influido por los resultados de la guerra del Vietnam y las consecuencias de la energía nuclear, entre otras; aunque inicialmente estuvo restringida a grupos muy reducidos, incluso marginales, pronto conseguiría extenderse al conjunto de la sociedad. La consolidación de esta nueva forma de concebir el desarrollo tecnológico tuvo su reflejo en la promulgación de la *National Environmental Policy Act* (NEPA) en 1970, ley pionera a nivel mundial en este sentido.

Esta ‘revolución ambiental’, surgida como respuesta a los resultados de un excesivo crecimiento económico en la posguerra mundial, llega a extender la siguiente idea: existían datos objetivos que indicaban la necesidad de poner algún tipo de limitación a las actividades humanas sobre la Tierra. En realidad se demandaban modelos capaces de compatibilizar el uso de los sistemas naturales con la permanencia de ciertos recursos, y la incorporación de filosofías de no uso, y/o conservación, a toda política de gestión territorial (Pedraza *et al.*, 1989).

Como hemos señalado, en esta discusión fue clave la polémica acerca del posible agotamiento de ciertos recursos naturales. La filosofía según la cual el uso de éstos no debería exceder su capacidad de renovación o, en su defecto, la capacidad para encontrar otros nuevos, es lo que muy recientemente ha pasado a denominarse ‘desarrollo sostenible’ o ‘sustentable’ (*sustainable development*); es decir, desarrollo que alcanza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Dicho término fue acuñado después de la publicación en 1987 del libro *Our Common Future* (Brundtland, 1988), auspiciado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo.

El punto de referencia más próximo en este sentido ha sido la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro el año 1992. Con respecto a las ideas del Club de Roma, merece la pena destacar la preocupación en torno a la degradación de recursos que hasta entonces se habían considerado renovables e inagotables: el suelo y el agua.

Gómez Orea (1988) señala que, además del posible agotamiento de los recursos, a este estado de opinión generalizado ha contribuido también el desplazamiento del concepto de ‘calidad de vida’, incluso de ‘desarrollo’, desde lo cuantitativo y monetario hacia lo cualitativo e intangible. En definitiva, la demanda de Naturaleza como sinónimo de calidad y bienestar (Aguiló *et al.*, 1992).

Los argumentos esgrimidos en favor de la racionalidad en la utilización del territorio y los recursos naturales por parte del hombre, pueden resumirse en: el ilimitado crecimiento demográfico, el posible agotamiento de los recursos naturales, la solidaridad con las generaciones futuras, la pérdida de la biodiversidad, el aumento de las diferencias

interregionales y entre países ricos y pobres, y en definitiva, la pérdida de las condiciones de habitabilidad para la especie humana sobre la Tierra.

A este respecto, Ramos *et al.* (1979) citan una significativa reflexión hecha por el Duque de Edimburgo en el prólogo de la obra *Land use and landscape planning* (Lovejoy, 1973):

"De una forma u otra hay que hacer lo posible para que más de 3.000 millones de personas¹ puedan vivir, trabajar, comer, viajar, intercambiar bienes y servicios y disfrutar del ocio en una superficie limitada de terreno. Si todo esto se deja al azar o a una solución orgánica, se produciría el caos. La única alternativa posible es una planificación adecuada de los usos del suelo" (Lovejoy, 1973; en Ramos *et al.*, 1979:14).

Los grandes problemas de la Tierra, para Fyfe (1993) están relacionados con el imparable crecimiento de la población, el mantenimiento de las actuales tecnologías contaminantes, y la inestabilidad social derivada de las diferencias entre países ricos y pobres. Ante el hecho de que la población mundial pueda llegar a alcanzar 10.000 millones a principios del siglo XXI —salvo catástrofe—, Fyfe (*op. cit.*) plantea la siguiente cuestión: dado nuestro estado actual de conocimientos y desarrollo social ¿cuántas personas pueden vivir de forma digna en el Planeta?

Como vemos, todas estas reflexiones son claramente antropocéntricas (egoístas, como decía el eslogan de un conocido grupo conservacionista), pero son a la postre las que resultan más sinceras. Parece pues que la conservación de la Naturaleza es una cuestión que afecta sobre todo a la especie humana. Porque al contrario de lo que se sostiene con frecuencia, tal y como nosotros las interpretamos las restricciones ambientales no van dirigidas a limitar la calidad de vida del hombre, sino a mantenerla y mejorarla. Como resume Puig i Baguer (1995), la Conservación procura atender los intereses de la Humanidad a largo plazo y en ella están incluidos valores como la ética o la solidaridad, y la viabilidad de las generaciones futuras.

En el momento presente, no sin cierta paradoja, el debate se plantea precisamente en estos términos: el actual modelo de desarrollo busca mejorar las condiciones de vida para el hombre, pero se está convirtiendo en causa común de desastres para consigo mismo. El accidente nuclear de Chernobil ha supuesto una de las más recientes e importantes llamadas de atención en este sentido.

En definitiva, si según este tipo de razonamientos se estima que es necesaria una racionalidad en la actuación humana sobre el territorio, deben ser aceptados los principios ecológicos en tanto estudio de las relaciones de los seres vivos entre sí y con su medio y, por tanto, la filosofía restrictiva para determinadas actuaciones humanas debe ser asumida. Por oposición, si no se asume este razonamiento los estudios ecológicos no tienen sentido.

¹ Hoy más de 5.500 millones

En caso de optar por la racionalidad, es decir, por la compatibilización del uso de los recursos con su permanencia, sería necesario (Pedraza *et al.*, 1989): conocer el funcionamiento de los sistemas naturales (método científico); y disponer de métodos de confrontación y evaluación entre usos y recursos (estudios del medio físico).

En este punto entramos en un campo conflictivo: la unidad de medida y comparación no es la misma para el territorio que para lo demandado de él. Esta situación es descrita con gran elocuencia por Leopold (1969), al señalar que los gestores defienden siempre los planes de desarrollo con datos numéricos, en términos económicos y sociales (puestos de trabajo, riqueza, etc.); dichas propuestas se enfrentan a las de sus opositores, que normalmente carecen de datos numéricos: sus argumentos están basados en aspectos emocionales, sentimentales, o estéticos, difíciles de evaluar objetivamente, razón por la cual —concluye Leopold— estos últimos pierden continuamente en la confrontación.

Siguiendo con el mismo argumento, parece procedente de nuevo transcribir unas reflexiones hechas por el profesor A. Ramos en su discurso de presentación en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales:

"el reinado de economía e ingeniería en la organización de la sociedad y en las acciones sobre la naturaleza quiere justificarse porque se les otorga la propiedad de ser ciencias y técnicas duras, eficaces, aunque en realidad no la tengan más que en apariencia, por endurecimiento convencional, acordado, de sus resultados; los imprevistos y márgenes con que se manejan, tan fluidamente admitidos, tendrían que aplicarse también, para ser ecuanímes, a la Conservación." (Ramos, 1993:128).

1.2. LOS ESTUDIOS DEL MEDIO FÍSICO

Se entiende por 'estudios del medio físico' un conjunto de procedimientos que analizan y evalúan las características del territorio, con el objetivo de emitir un diagnóstico encaminado a conseguir el uso más racional del mismo.

En este tipo de trabajos interesan sobre todo las relaciones de interconexión entre los elementos del medio (el enfoque ecológico), para lo cual se requieren análisis sistémicos y multidisciplinarios; son estudios que en el pasado se conocían como 'integrados' (*integrated surveys, land surveys*), aunque estaban dirigidos hacia el aprovechamiento de los recursos.

Para tratar de caracterizar adecuadamente cómo se estructuran los denominados 'estudios del medio físico', recurrimos a una conocida obra relativa a este particular (Aguiló *et al.*, 1992). Según dicho manual, estos trabajos pueden estar dirigidos a:

- Conocer las características del medio y valorar sus recursos naturales, al objeto de ordenar las posibles actividades estableciendo restricciones o prioridades; de este modo, el uso a implantar será el más adecuado a las características del medio y permitirá la máxima

conservación de los recursos (estudios de planificación integrada).

- Conocer las características del medio con el fin de evaluar la posible incidencia ambiental del desarrollo de planes, programas y proyectos (estudios de evaluación de impactos ambientales).
- Evaluación de los posibles riesgos ambientales. Zonificación de áreas con peligro para las actividades antrópicas.
- Conocer las características del medio en un lugar concreto, con el fin de buscar la mejora de sus condiciones (estudios de restauración de áreas degradadas) o el mejor aprovechamiento de sus recursos (estudios dirigidos a conocer la capacidad del medio para el desarrollo de una actividad concreta).

Seguindo las indicaciones del trabajo referido (Aguiló *et al.*, *op. cit.*), en general los estudios del medio físico se llevan a cabo en los siguientes supuestos: el medio posee valores merecedores de especial protección; se encuentra degradado y es necesaria su recuperación; aporta información relevante para el desarrollo de actividades; o puede sufrir modificaciones derivadas del desarrollo de actividades. Y las etapas de que suelen constar son: definición de objetivos; recopilación de la información existente; análisis de la realidad físico-biológica del medio (inventario); almacenamiento de la información (normalmente en SIG); fase de evaluación o tratamiento de la información; y elaboración de resultados o síntesis final. Los estudios del medio físico constituyen pues normalmente procedimientos de análisis, clasificación y evaluación del conjunto territorial.

Para la mayor parte de los autores que se han ocupado de la problemática ambiental, los métodos y técnicas que analizan dichos problemas utilizando el método científico, pueden abordarse según dos niveles: preventivo o planificador, y correctivo o restaurador.

El primero trata de deducir consecuencias ‘no deseadas’ y la preservación de las cualidades relevantes del territorio ante la instalación en el mismo de usos posibles. Este enfoque se desarrolla a través de trabajos de planificación integrada y evaluación de impactos ambientales, que tratan de adecuar los usos a los recursos existentes en un territorio, minimizando su degradación.

El nivel correctivo persigue corregir problemas derivados de un uso del territorio. Las medidas correctoras suelen clasificarse a dos niveles: uno de contenido más territorial, que se ha denominado ‘restauración ecológica y paisajística’; otro de acciones específicas y normalmente relacionadas con la contaminación, aplicando soluciones tecnológicas (ingeniería ambiental, ecotecnologías, etc.). Las medidas correctoras también son asumidas en el nivel preventivo, al plantear alternativas minimizadoras de posibles efectos ‘no deseados’.

1.2.1. Planificación y ordenación territorial

En su significado más sintético y a la vez más intuitivo, 'planificación' es el hecho de decidir por adelantado qué se hará; "*Plan general, científicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado (...)*" (RAE, 1992: 1618). Planificar es, pues, establecer una determinada línea de actuación: proceso racional de toma de decisiones (Gómez Orea, 1978), normalmente en función de unos fines concretos, es decir, organizar unos medios de cara a conseguir unos objetivos.

Aplicado este concepto al desarrollo de las actividades humanas en el territorio, el término se ha referido de muy diversas formas: planificación territorial, planificación urbanística, planificación regional, planificación física, ordenación territorial, etc.; normalmente, según su contenido y objetivos, que posteriormente discutiremos.

Históricamente, la acción antrópica se guió casi de manera exclusiva en función de unas necesidades y circunstancias productivas; también de las propias limitaciones que imponía el territorio: lo que Monserrat (1994; en Puig i Baguer, 1995) ha denominado 'planificación empírica'.

A partir de la revolución industrial, pero sobre todo de la segunda mitad del siglo XX, las actividades pasaron a regirse por lo que posteriormente se llamó 'planificación sectorial', 'económica', o 'socioeconómica', donde lo único que primaba era la optimización de factores técnicos, sociales y económicos (González Alonso *et al.*, 1991).

Ante el tipo de conflictos ambientales surgidos en la década de 1960, los especialistas en la materia comenzaron a demandar una revisión de los enfoques sectoriales que habían conducido a esas situaciones extremas, y propugnaron su sustitución por otros de carácter más integrado. En concreto, pedían que las variables del medio físico se tuvieran en cuenta y, por consiguiente, se introdujeran en los estudios de planificación.

Aunque con un matiz inicial muy académico, se llega entonces a desarrollar una 'planificación integrada' en la cual tienen cabida los criterios ecológicos junto a los socioeconómicos. Algunos autores (Aguiló *et al.*, 1987; González Alonso *et al.*, 1991) han sugerido a este respecto que sería mejor hablar de "enfoque o aproximación integrada" o sistémica, ya que es menos ambicioso que planificación integrada, definición que aparece como una empresa realmente difícil por todos los aspectos que trata.

Para llegar a ese fin, es necesario organizar la información referida al medio físico de forma que sirva a los propósitos del planeamiento. Esto se consigue a través de la planificación física, también denominada planificación física con base ecológica:

"Planificación, porque supone un estudio racional de diagnóstico, predicción, evaluación y definición de soluciones. Física porque se aplica a unos recursos

territoriales con expresión espacial. Con base ecológica, porque el material que utiliza lleva consigo toda la problemática de sistemas organizados a través de relaciones bióticas y abióticas." (Ramos *et al.*, 1979: 14).

En definitiva, se trata de introducir o aplicar los conocimientos aportados por las ciencias naturales en la toma de decisiones sobre aspectos que inciden en el territorio. Más que una técnica, la planificación integrada podría definirse como una filosofía que, para complementar la planificación basada únicamente en aspectos socioeconómicos, necesita de la incorporación paralela de los factores del medio físico (Tarlet, 1977; Carpenter, 1980).

La variedad terminológica en torno a estos trabajos ha llegado a ser muy amplia: planificación territorial, física, ecológica, integrada, ambiental, etc. McHarg (1969) y Tarlet (*op. cit.*) prefieren denominarlo 'planificación ecológica', entendida como el método que permite la integración racional de los elementos del medio físico en los planes de gestión del territorio. Otros autores hablan de 'planificación ambiental' (*environmental planning*) que sería equivalente a planificación ecológica, en tanto "*planificación que reconoce al medio ambiente como un sistema físico y biológico a considerar en la consecuencia de sus objetivos*" (Aguiló *et al.*, 1987: 734); este término no goza sin embargo de gran reconocimiento, dada la confusión que introduce el adjetivo 'ambiental'. Finalmente, algunos lo refieren simplemente como 'planificación física' o 'territorial'.

Un punto de vista interesante a este respecto es el de Puig i Baguer (1995) según el cual, la planificación física haría referencia a un estado inicial de la planificación territorial primando más la capacidad o aptitud del territorio para acoger las actividades (*opportunities*); es lo que otros han denominado 'usos vocacionales'. La consideración en la toma de decisiones de las posibles consecuencias que las actividades podrían generar en el territorio (*constraints*), es decir, la introducción de la evaluación de impactos ambientales a nivel de planificación definiendo fragilidades o vulnerabilidades, da paso a una nueva etapa denominada entonces planificación integrada o ecológica. En esta línea se sitúan también las definiciones dadas por la *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*.

Planificación física sería:

"estudio racional de diagnóstico, predicción, evaluación y definición de soluciones aplicado a unos recursos territoriales con expresión espacial." (Aguiló *et al.*, 1992:806);

y planificación integrada:

"planificación en la que tienen cabida los criterios ambientales. Su fin está en informar al gestor de los condicionantes ambientales del territorio que determinan las mejores opciones para la localización de las actuaciones humanas." (Aguiló *et al.*, *ibidem*).

Puig i Baguer (*op. cit.*) trata sobre la planificación del paisaje (*landscape planning*) y la define como:

"Disciplina que se propone armonizar las distintas relaciones del hombre en el territorio. Para lograrlo se apoya en el estudio de las mismas, centrándose en la dependencia recíproca entre las actividades y el entorno que las acoge; los resultados obtenidos se dirigen a establecer un diagnóstico que inspirará una propuesta concreta para lograr, mantener, o mejorar la armonía." (Puig i Baguer, 1995: 153-154).

La planificación física tiene su origen en la regulación de desarrollos urbanos con elevado crecimiento (planificación urbanística, *urban planning*), y surge en la década de 1920 en Alemania e Inglaterra para determinadas ciudades y su *hinterland* (Enériz, 1991). Esa disciplina, denominada inicialmente 'ordenación del territorio', cobró importancia a su vez con la necesidad de reconstrucción de muchas ciudades después de la II Guerra Mundial (González Alonso *et al.*, 1991). En el *Diccionario de la Naturaleza*, se señala que esta necesidad de ordenamiento surge:

"en el momento que el hombre, con unas actuaciones desproporcionadas, ha ocasionado una desorganización del territorio sin precedentes. En un principio, los esfuerzos para lograr una utilización racional del espacio se orientaron hacia las zonas urbanas que habían experimentado un fuerte crecimiento en la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX. Fueron Alemania y los países anglosajones los primeros en realizar investigaciones sobre la utilización del suelo urbano, buscando un equilibrio en la asignación de usos al suelo y un desarrollo urbanístico óptimo en las áreas metropolitanas, desde un punto de vista casi exclusivamente técnico y socio-económico." (Aguiló *et al.*, 1987: 671).

Otro concepto implicado en la planificación u ordenación territorial fueron los desarrollos regionales (*regional planning*) de mediados de este siglo, cuyo objetivo fundamental era la explotación planificada de los recursos naturales.

A partir de la crisis del petróleo y de lo que hemos denominado 'revolución ambiental' ocurrida en la segunda mitad de los años sesenta, la planificación territorial (urbanística hasta entonces) pasa a utilizarse en un sentido de protección de los recursos naturales y de ello surge la planificación ecológica. Hoy el concepto de planificación aplicado al territorio se entiende muy desligado del urbanismo; de hecho, este último es sólo una faceta de la planificación territorial.

El origen formal de la planificación ecológica se sitúa en los Estados Unidos entre mediados y finales de la década de 1960. Tras algunos precedentes significativos, los referentes para este planteamiento lo constituyen el artículo de Lewis (1964) «Quality corridors for Wisconsin» y, sobre todo, la publicación en 1969 de la obra *Design with Nature* de Ian L. McHarg. Este último, arquitecto paisajista de origen escocés y profesor por aquel entonces de la Universidad de Pensilvania, subraya en su obra la necesidad de que la información del medio físico se equipare a la social o económica y tenga igual poder ante las decisiones; en definitiva: la

importancia de entender la Naturaleza como un sistema de procesos interactivos con capacidad para limitar o imposibilitar ciertos usos. Es fundamental reconocer la relación entre los procesos físicos y biológicos y, aún más importante, que éstos inciden sobre el hombre y a su vez son afectados por la intervención antrópica (McHarg, 1969). La filosofía de esta propuesta establece en el medio entidad suficiente para introducir limitaciones a las actividades humanas; ello es debido a las posibles interferencias mutuas: de las actividades sobre el medio (impactos), y viceversa (riesgos).

Por la repercusión que ha llegado a alcanzar en los años posteriores, la obra de McHarg sienta las bases de los estudios integrados modernos y se puede considerar como el inicio de la planificación territorial con fundamentos ecológicos. Aún más, la misma NEPA, ya referida como ley pionera a nivel mundial sobre cuestiones ambientales y origen de los procedimientos de evaluación de impactos ambientales, utiliza en buena medida los postulados de *Design with Nature* (McHarg, 1992).

La planificación ecológica es entonces la propuesta mediante la cual se deberían localizar las actividades en coherencia con las características del medio físico. Gómez Orea (1978) la señala como el procedimiento mediante el cual se asignan usos óptimos al territorio. Normalmente se entiende que este tipo de planificación tiene un carácter global tratando de evaluar todos los usos posibles, pero también puede estar dirigida a una actividad específica.

La rigidez que se atribuye a la planificación, quizás por haberla relacionado con la política de 'control estatal' aplicada en el antiguo 'bloque socialista', no responde a la realidad funcional. En todo caso es preciso considerar que este proceso debe tener un carácter indicativo y necesita ser revisado con el tiempo; también, que no debería ofrecer soluciones únicas, y tendría que ser flexible. Por último, no puede estar basada únicamente en limitaciones, sino ofertar también posibilidades de uso.

Según lo visto hasta ahora, el fin que persigue la planificación física es informar al gestor de cuáles son las mejores opciones para localizar las actuaciones humanas, y cuáles las limitaciones del territorio. Para la elección de esas opciones, la planificación física se guía por un principio fundamental:

"Toda actuación debería situarse allí donde se maximice la capacidad o aptitud del territorio para acogerla y, a la vez, se minimice el impacto negativo o efecto adverso de la actuación sobre el medio ambiente." (Aguiló *et al.*, 1987: 735).

Siguiendo los procedimientos más estandarizados (McHarg, 1969; Tarlet, 1977; Gómez Orea, 1978; Ramos *et al.*, 1979), un proceso de planificación integrada puede resumirse en las siguientes fases (figura 1.2):

- Se aíslan las secuencias relativas a los medios físico y socioeconómico. Dentro de la secuencia del medio físico, el primer paso es el análisis del territorio en forma de inventario

(con su cartografía); esta fase busca recoger la información existente, y por tanto se aplica más fácilmente en aquellas zonas mejor conocidas desde un punto de vista científico. Normalmente se trata de recopilar las cartografías disponibles, procediendo a completarlas o cotejarlas. Las variables más comúnmente consideradas en los inventarios de medio físico y planificación (Martín de Agar, 1984; Aguiló *et al.*, 1992), son: clima, geología-litología, hidrología superficial y subterránea, geomorfología, suelos, vegetación, fauna, usos del suelo y paisaje; también se consideran algunos recursos culturales y científico-culturales.

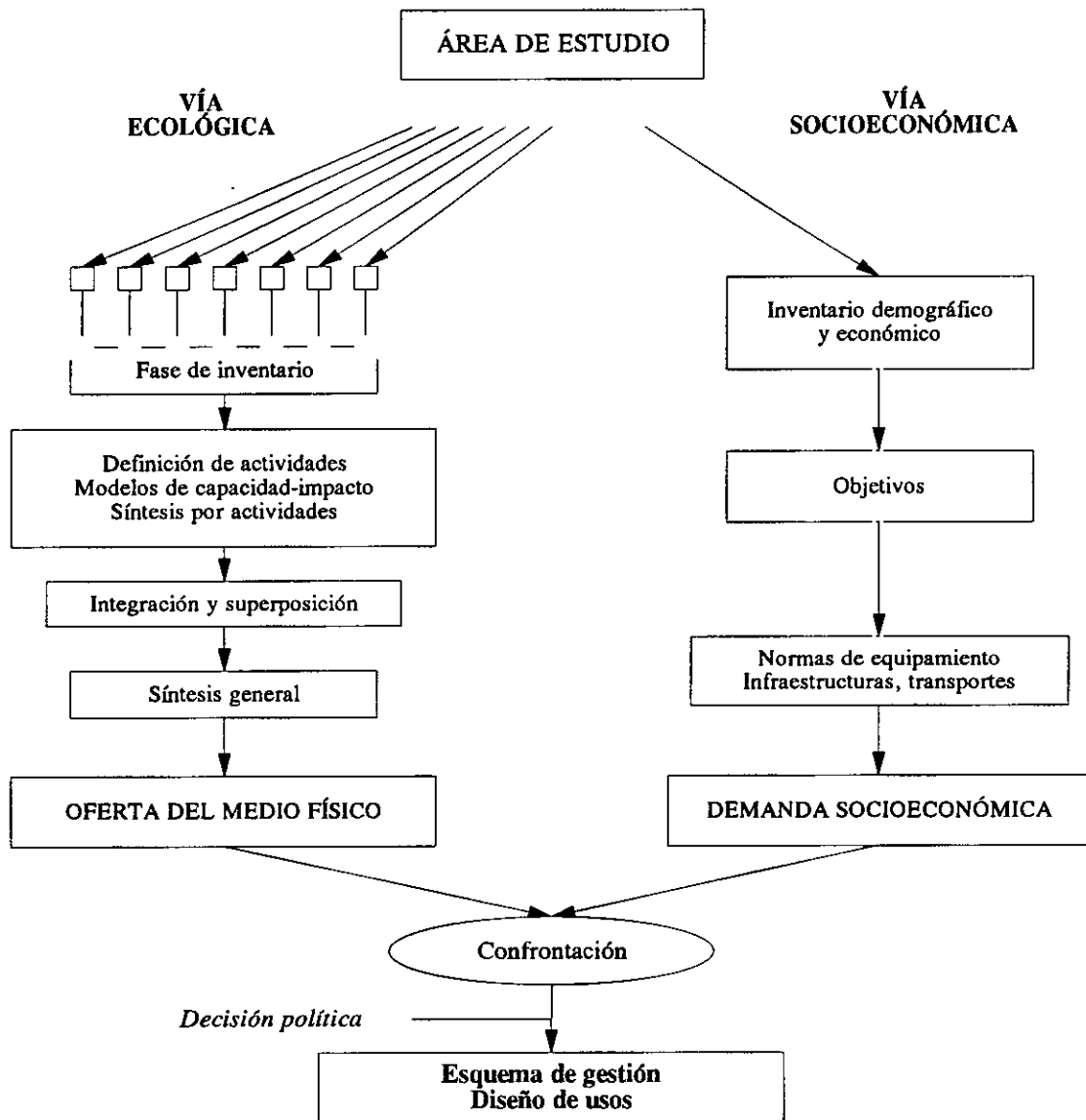


Figura 1.2. Esquema tipo de planificación integrada o ecológica, basado en el método original de McHarg (1969); también reproducido en Tarlet (1977).

- Con posterioridad se pasa a definir las actividades objeto de planificación. A partir de la información temática, se elaboran modelos de adecuación (aptitud, capacidad) o limitación (vulnerabilidad, fragilidad, impacto) para cada una de las actividades. Los modelos de capacidad-vulnerabilidad se llevan a cabo en base a: determinación de los elementos que intervienen en la capacidad o la fragilidad; determinación de una escala de representación; variables de dichos elementos que influyen en la característica que se considera; modo en el que intervienen en el proceso; evaluación y ponderación de cada una de las variables consideradas. En esta fase del trabajo interesan las características que pueden medirse o estimarse, pues se trata de relacionar la información de los diferentes elementos o cualidades del medio con una actividad o un objeto concreto ($a_i \rightarrow R \rightarrow e_j$); se utilizan para ello diferentes métodos de ordenación, ponderación, valoración, etc. El estudio de procesos y riesgos se suele incluir en este punto junto con aptitudes y limitaciones, constituyendo entonces parte de estas últimas, o bien al final del proceso relativo al medio físico.

- La siguiente fase consiste en la síntesis general de actividades (oferta del medio), para definir las unidades de actuación. La superposición para obtener la síntesis puede ser manual o automática; en el primer caso es aconsejable realizar síntesis parciales (McHarg, 1969), en el segundo suele hacerse mediante un SIG ya que ofrece grandes posibilidades aunque ha de ser supervisado.

- Finalmente se llega a la confrontación entre las capacidades y vulnerabilidades del territorio (oferta del medio físico), y los requerimientos o imperativos socioeconómicos (demanda). En este punto, la planificación física se integra con la socioeconómica constituyendo la planificación integrada o ecológica. El resultado es una clasificación prescriptiva del territorio, en forma de niveles de protección, localizaciones y asignaciones de uso, etc.

Los criterios para llegar a las decisiones finales no están establecidos: una estrategia conservacionista daría prioridad a un modelo de mínimo impacto; uno desarrollista a la máxima capacidad, con independencia de los efectos que produzca.

Ésta sería la metodología de planificación ecológica 'tipo'; sin embargo también hay procedimientos que, nacidos con objetivos de desarrollo regional y aprovechamiento de recursos, se reconvirtieron con el fin de utilizarlos para planificación territorial. En estos últimos se realiza inicialmente una clasificación territorial o cartografía de unidades homogéneas, cada una de las cuales incluye la información relativa al conjunto de factores del medio físico; las evaluaciones se hacen entonces directamente a partir de las unidades territoriales homogéneas.

La 'ordenación territorial' o 'del territorio' (OT), es un término frecuentemente equiparado al de planificación; en realidad y como ya señalamos, su primer significado se refería a los planeamientos urbanísticos del primer tercio de siglo en Alemania e Inglaterra. Hoy se entiende como un proceso mucho más amplio. De ello da idea el contenido otorgado a este concepto

en la Carta Europea de Ordenación del Territorio, donde se define como la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda sociedad. Y más en detalle:

"una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como un enfoque interdisciplinario y global cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector." (en Aguiló et al., 1987: 673).

En esa amplitud de significados, la ordenación del territorio es para Enériz (1991) esencialmente una técnica administrativa (una forma de intervención pública) que persigue la utilización racional del territorio intentando alcanzar el abstracto de 'calidad de vida' para el conjunto de la población.

En caso de entenderse como una disciplina científica, sería entonces equiparable a planificación territorial. Sin embargo y en lo esencial, parece aceptado que consiste en la puesta en práctica de las determinaciones de la planificación (Pedraza, 1981). Cendrero (1989a) también es de esta opinión, y distingue: etapa de diseño (planificación); establecimiento de normativas (ordenación); e implantación y seguimiento (gestión). Gómez Orea (1994) considera que la ordenación territorial incluye el análisis, la planificación, y la gestión territorial (puesta en práctica del plan). En síntesis, la ordenación territorial se basa en la planificación territorial, y se formula a través de normativas.

Para una gran parte de los especialistas en estas cuestiones, la ordenación territorial, a partir de una planificación integrada, constituye la fórmula más adecuada para la resolución de los problemas que se vienen denominando ambientales o ecológicos. Para otros sin embargo (Parra, 1992), ni siquiera estos enfoques representan una solución ya que constantemente van a remolque de las demandas sociales, y son siempre éstas las que condicionan la oferta del medio físico. Por otro lado, la única garantía de su eficacia sería su planteamiento en un contexto global (internacional). La ya citada Carta Europea de Ordenación del Territorio, aprobada por el Consejo de Europa el 20 de mayo de 1983, asume la capacidad de la UE en esta materia y reconoce como un ámbito de aplicación el espacio europeo. Precisamente la importancia de este documento estriba en que introduce la ordenación territorial en un contexto internacional (Enériz, 1991). El contenido de dicha Carta incluye objetivos que, por su mera formulación, no pueden seguir considerándose como utopías: conservación del medio ambiente, calidad de vida, cultura, bienestar social, etc., todo ello en armonía con el desarrollo económico. Pero como venimos señalando, el principal problema radica en que su enfoque sigue siendo limitado (se reduce al ámbito de la Unión Europea) y no global (Europa dentro del Planeta).

A la vista de la definición de la OT como una técnica administrativa, sus objetivos están regidos en última instancia por el poder público, el cual debe de velar por el cumplimiento de un determinado diseño. Esa circunstancia, según reconocen también la mayor parte de los autores que tratan el tema, limita en gran medida la consideración de las premisas que

establece la planificación ecológica. Sin embargo, tal y como señalan Hewitt y Wambeke (1982), parece obvio que el científico no debe rechazar la legitimidad del proceso político; pero, para estar equiparados, tampoco éste debiera escudarse en supuestas razones técnicas para llevar a cabo opciones de otra índole. En todo caso, parece que el problema no está circunscrito a que la decisión final sea política, sino al hecho de que el político sólo base sus decisiones en directrices económicas, y no considere al mismo nivel los criterios ecológicos o territoriales.

La ordenación territorial es, pues, un verdadero 'proceso social' que intenta compatibilizar la dinámica socioeconómica con el mantenimiento de los sistemas y recursos naturales. La posibilidad de alcanzar tal estado a un nivel global es lo que, según ya se vio, ha pasado a conocerse como 'desarrollo sostenible' o 'sustentable'.

Sin intención de caer en el desánimo, es justo reconocer que todo este desarrollo teórico contrasta con una realidad poco halagüeña. Y es que, aún después de que la planificación integrada lleve desarrollándose en todo el mundo más de 25 años, la mayor parte de la planificación territorial actual la realizan urbanistas, es decir, especialistas en un sólo sector de los implicados en el territorio.

En el plano metodológico, Ramírez-Díaz *et al.* (1994) reconocen que son mínimas las diferencias entre los estudios de planificación territorial con bases ecológicas de finales de los sesenta y los actuales; puntualizan que, si acaso, ha habido una mejora técnica propiciada por los medios informáticos (especialmente por el desarrollo de los SIG). Así el esquema de McHarg permanece como hilo conductor en los actuales métodos de planificación ecológica, y en muchos casos se sigue íntegramente. También Pedraza (1987) se hace eco de esta escasa progresión metodológica, si bien señala que está muy por encima de la gestión realizada por las distintas administraciones. Y es que si metodológicamente no se ha avanzado demasiado, la gestión lo ha hecho en proporciones ínfimas: la gestión territorial, al menos en nuestro país, sigue ajena a cualquier consideración ecológica.

En el territorio español la planificación y la ordenación territorial se guían básicamente por los distintos textos de la Ley del Suelo; la vigente Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana (R.D.L. 1/1992 de 25 de junio; en adelante LS92) viene a sustituir a su predecesora de 1975, como ésta lo hacía a su vez con la de 1956. En realidad esta normativa ha tenido siempre una visión eminentemente urbanística, si bien en los últimos años fue concediendo mayor peso específico a las variables físicas del territorio y a otras políticas sectoriales; en una primera etapa lo hizo a través de los Planes Especiales del Medio Físico, ahora la práctica totalidad de las figuras de planeamiento incluyen postulados relativos a la conservación del medio ambiente, los recursos naturales y el paisaje.

Con la aprobación de la Constitución Española y el reconocimiento de las Comunidades Autónomas a ejercer su política de ordenación territorial, buena parte de éstas se han dotado

de legislaciones propias en materia de ordenación del territorio, estableciendo sus instrumentos de planificación desde niveles regionales hasta locales. En esos instrumentos se observa ya una clara —al menos en teoría— consideración de los postulados del medio físico.

La Ley de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestre (4/1989, de 27 de marzo) y las subsiguientes leyes autonómicas de espacios protegidos hacen que, a partir del año 1989, algunos postulados de la planificación física se asuman a través de los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN). En este caso, lo realmente criticable es que sólo sea en estos espacios donde se pretendan aplicar los postulados de la planificación ecológica.

La política de ‘espacios naturales protegidos’, entendida como única expresión real de protección u ordenamiento territorial, lleva tiempo en entredicho por los ‘teóricos’ del Medio Ambiente. En un artículo publicado en el cuaderno número 11 de la revista *Quercus*, el colectivo ‘Cotarro’ señalaba que la protección de enclaves singulares se ha utilizado como coartada para permitir la degradación indiscriminada del resto del territorio. Podríamos resumir diciendo que, en una política territorial adecuada, los espacios naturales deberían ser una alternativa más dentro de los posibles usos para un territorio.

Con la legislación relativa a los procesos de evaluación de impacto ambiental también se asumen algunos principios de la planificación ecológica, aunque referidos normalmente a una sola actividad y con frecuencia en su fase de proyecto. Sólo en la medida en que estuvieran aplicadas a planes, programas y políticas (EIA estratégicas), tendrían un carácter claramente preventivo.

Otras legislaciones que abordan cuestiones sobre planificación del medio físico, aunque a nivel sectorial, son la Ley de Agricultura de Montaña (25/1982, de 30 de junio) o la Ley de Aguas de 1985 (29/1985, de 2 de agosto).

Así pues, si bien las normativas en nuestro país son más que suficientes, su incidencia efectiva resulta nula o muy baja; todo ello se ha traducido en un crecimiento desordenado de los núcleos urbanos —en ocasiones ocupando áreas de alto valor natural y productivo—, una proliferación de la obra pública (hidráulicas y de comunicación) utilizada como coartada para otro tipo de intereses, una nula ordenación del sector minero y, en general, una degradación territorial y paisajística más acusada de la que cabría esperar, dado que en realidad la densidad de ocupación es mucho menor que en otros países de nuestro entorno.

En este contexto parece exigible un replanteamiento de la "situación territorial" —*redevelopment* en terminología anglosajona—, potenciando lo que muy tímidamente ha comenzado a surgir con los denominados estudios ambientales o ecológicos, pero reorientándolos claramente a la planificación y ordenación territorial con bases ecológicas.

1.2.2. Evaluación de impactos ambientales (EIA)

El término ‘impacto’ (en su etimología, choque, huella, señal, efecto; RAE, 1992), referido a las modificaciones que introduce o puede introducir la actividad humana en el territorio, ha sido adoptado del inglés *environmental impact*. Para Ramos (1989), sin embargo, esta adopción no es muy afortunada ya que "hubiera bastado" referirlo como ‘efecto’.

Por otra parte, al aludir a la ‘evaluación de impactos ambientales’ (*environmental impact assesment* o EIA) se distinguen dos significados diferentes.

Uno hace referencia al procedimiento técnico de identificación, caracterización y valoración de los efectos ambientales de una o varias actividades en el medio; la evaluación de esos efectos se basa en una confrontación ‘simulada’, que se lleva a cabo por diferentes metodologías de carácter más o menos cualitativo o cuantitativo (ver Aguiló *et al.*, 1992). Cuando se trata de evaluar el efecto de una sola actividad, caso más común, los estudios pueden estar dirigidos a: su localización óptima; la evaluación de localizaciones prefijadas o exigidas; o el análisis de una localización ya elegida (diseño y operación). Si la EIA contempla varias actividades ‘expectantes’ sobre un territorio, es decir, se realiza con anterioridad a que éstas se determinen, funciona como un instrumento preventivo eficaz para la regulación del suelo al mismo nivel que la planificación física (González Alonso *et al.*, 1991).

La segunda acepción del término se refiere al procedimiento administrativo que condiciona y controla la aceptación, modificación, o rechazo de un proyecto en base a la legislación aplicable al respecto. Las fases de este procedimiento están reguladas en nuestro país por el R.D. 1302/86.

La EIA ha adquirido mayor relevancia a la hora de tratar los impactos sectoriales, derivados de proyectos concretos. Este procedimiento tiene su origen en el año 1969, cuando se promulga en EEUU la NEPA (*National Environmental Policy Act*) obligando a realizar evaluaciones de impacto ambiental para determinados planes y proyectos. La repercusión de este precedente fue la incorporación progresiva de legislaciones específicas sobre este particular en múltiples países; una normativa de esta naturaleza es introducida por ejemplo en Francia en 1976 (ver Tarlet, 1977).

La generalización de este procedimiento a la Europa comunitaria tiene su referencia en la directiva 85/377. La incorporación de España a la Comunidad Europea dio lugar a la aplicación de la citada directiva mediante el Real Decreto Legislativo 1302/86 de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental, y su posterior ejecución reglamentaria por el Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre.

Tal cual se están desarrollando mayoritariamente en la actualidad, las EIA están sufriendo importantes críticas por parte de especialistas en tanto suponen una visión parcial, y con

frecuencia ineficaz, de la herramienta preventiva que deberían constituir. La causa de esta ineficiencia hay que buscarla en el hecho de que se aplique a actividades muy concretas, una vez decidida su ejecución y en muchos casos su ubicación. Gómez Orea (1988) mantiene que cuando se aplica la EIA después de haber decidido la ejecución del proyecto, es impensable el rechazo del mismo y muy difícilmente puede llegarse a su modificación o, en caso afirmativo, sólo de forma ineficaz en cuanto a medidas correctoras se refiere.

Siguiendo con este razonamiento, las EIA serían claramente eficientes aplicadas a planes, programas y políticas (evaluaciones estratégicas), fase en la que pueden cumplir una función similar a la planificación integrada. Resulta curioso comprobar cómo una de las ideas originales de la NEPA era precisamente aplicar lo que hoy se demanda con insistencia: integrar los procedimientos de EIA a nivel de planificación y evaluar planes, programas y políticas.

Por otro lado, los distintos reglamentos que desarrollan las legislaciones sobre EIA no incluyen actividades susceptibles de generar lo que se han denominado 'cambios ambientales acumulativos' o *cumulative environmental changes* (Spaling y Smit, 1993), cuyo efecto final es siempre mucho mayor que el de determinadas actividades sectoriales; ese proceso ha sido referido como "la tiranía de las pequeñas decisiones" (Spaling y Smit, *op. cit.*).

Yendo aún más lejos, González Alonso (en Puig i Baguer, 1995) propugna lo ideal: todas las actuaciones en el territorio deberían estar inspiradas en el respeto hacia el medio, y sostiene que los procesos de EIA podrían desaparecer en el momento que los proyectos (y los planes y las políticas) incorporasen debidamente la consideración del medio ambiente como uno de los pilares de la decisión de actuaciones.

Como conclusión, nos limitamos a señalar algo en lo que ya han insistido los especialistas: la eficiencia de las EIA sólo será posible en tanto consideren alternativas, y en tanto su incorporación al proceso se realice en las fases iniciales.

1.2.3. Restauración ecológica

Los trabajos para atajar los efectos degradantes sobre el medio han experimentado un gran desarrollo en los últimos años, sobre todo asociados al campo de la evaluación de impactos mediante las denominadas 'medidas correctoras'. Dejando a un lado las de carácter socioeconómico, es habitual distinguir entre las relativas a la contaminación (ecotecnologías, ingeniería ambiental o ecológica, filtros, depuradoras, etc.) y aquéllas otras encaminadas a restauración ecológica o paisajística del medio, entendidas estas últimas en un sentido territorial más amplio.

Ramos (1986) define este segundo grupo como un conjunto de operaciones destinadas a restaurar, recuperar, etc., un paisaje, un medio, degradado, alterado, dañado, contaminado o devastado. Utilizada en este contexto y según el *Diccionario de la Naturaleza*, sería:

"(...) el proceso de reconversión de terrenos perturbados a su estado original u otro uso productivo. Proceso de transformación de un medio perturbado que haga posible la habitabilidad por parte de los organismos originarios u otros que se aproximen a los habitantes originales." (Aguiló *et al.*, 1987: 850).

La aplicación al medio natural del término 'restauración' lleva aparejada una importante imprecisión terminológica: recuperación, rehabilitación, restitución, revegetación, reparación, etc. Para determinados autores (Vadillo, 1989; Porta *et al.*, 1994) lo más correcto sería hablar de 'rehabilitación', ya que restauración significa "volver a poner una cosa en su estado inicial", mientras rehabilitar es "hacer a una cosa hábil, apta, útil o capaz para algo determinado"; siendo este último el objetivo que normalmente resulta más factible (el ejemplo más claro lo constituye la minería). En lengua inglesa, por lo general utilizan *reclamation* cuando implica habilitar el espacio para un nuevo uso, *rehabilitation* lo reservan para una restauración de tipo más visual-paisajística, y *restoration* cuando el terreno se devuelve a su condición inicial (Bradshaw y Chadwick, 1980).

También es necesario matizar entre restauración ecológica y paisajística: en el primer caso las medidas están encaminadas a la recuperación del medio; en el segundo deben tener una repercusión visual, lo que ha llevado en ocasiones a otorgar más peso a las actuaciones de carácter 'estético' en detrimento de las ecológicas.

La rehabilitación de espacios degradados está ligada, sobre todo, a actividades industriales (minería por ejemplo) y grandes obras de infraestructura; ambas implican grandes volúmenes de tierras removilizadas con modificaciones del relieve y del régimen hídrico, así como la destrucción del suelo y la cubierta vegetal. En estos casos los procesos de restauración buscan el establecimiento de coberturas vegetales estables, al objeto de favorecer los procesos de edafogénesis y la conservación-evolución del suelo, evitando su erosión-degradación y facilitando la integración paisajística.

Son actuaciones que en nuestro país están reguladas por la legislación de evaluación de impacto ambiental, y por normativas específicas como el Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras. Una recopilación de dicha legislación puede seguirse en López Jimeno *et al.* (1989), y Bascones y Gallego (1993).

1.2.4. Estudios sobre paisaje

Dentro de lo que hemos denominado 'estudios del medio físico', los referidos al análisis y evaluación del paisaje son sin duda los que mayor desarrollo han experimentado en los últimos años. Por esa razón, aun cuando en realidad formen parte de los procesos de planificación, evaluación de impactos, o restauración, se incluyen aquí de forma independiente.

Su relevancia en el presente está ligada a la demanda de ‘paisajes naturales’ o ‘rurales’ por parte de las sociedades industrializadas. Por sus implicaciones económicas —el paisaje se deprecia si está deteriorado y se revaloriza si tiene calidad estética—, habría que asumir un postulado básico: la existencia de paisajes naturales supone un beneficio para la sociedad (Leopold, 1969; McHarg, 1969; Moss y Nickling, 1980), siendo por tanto un recurso natural equiparable a otros del medio físico. Dentro de éstos, habrá que incluirle entre los ‘no renovables’, razón por la cual es más necesaria su gestión adecuada.

Sin riesgo a exagerar, se puede decir que los valores estéticos constituyen actualmente la cualidad más importante entre todas las presentes en un territorio (Carlson, 1977; en Aguiló *et al.*, 1992).

1.2.4.1. Significado del término

La complejidad que encierra el concepto ‘paisaje’ deriva de su doble consideración territorio-percepción. Quizás por ello pocos términos referidos al medio físico tienen hoy un contenido tan amplio e impreciso, si bien las razones deben de buscarse en sus orígenes históricos.

En general, estos aspectos territoriales han sido referidos con la raíz *land* en las lenguas de origen anglosajón y *pays* en las latinas (Bolós, 1975). La práctica totalidad de los estudios sobre la evolución del término en las lenguas románicas, señalan que deriva de los vocablos latinos *pagus* (pueblo, aldea) y *pagensis* (campestre, el que vive en el campo); de éstos pasa al francés *pays* (territorio rural), y de aquí a *paysage* (francés), *paisaje* (castellano), *paesaggio* (italiano), o *paisatge* (catalán) (González Bernáldez, 1987; Rougerie y Beroutchachvili, 1991; Bolós, 1992). Según González Bernáldez (*op. cit.*), la palabra ‘país’ aparece en la literatura castellana en 1597, y ‘paisaje’ en 1708.

El término *land*, del que deriva *landschaft* (alemán), ya en la Edad Media hacía referencia a una región de dimensiones medias donde se desarrollaba la vida de pequeños grupos humanos. También de *land* derivaron *landskip* y *landschap* en Holanda, *landskap* (Suecia) y el más universal *landscape* en lengua inglesa (González Bernáldez, 1981; Rougerie y Beroutchachvili, 1991).

Tras esos significados eminentemente geopolíticos, en el siglo XVII destaca la apreciación del territorio desde un punto de vista artístico o pictórico; el origen del cambio es situado en la escuela flamenca de paisajismo (González Bernáldez, 1987).

A finales del siglo XIX y principios del XX hay un notable cambio en los enfoques sobre el paisaje: se inicia una corriente analítica que lo ‘desglosa’ en sus componentes, y para ello tiende a utilizar una visión sistémica. Este proceso nace en Alemania y posteriormente pasa a la Unión Soviética y Francia, dando lugar a lo que se ha denominado Ciencia del Paisaje.

A pesar de la evolución experimentada en los últimos cien años por esa Ciencia del Paisaje, la raigambre de las consideraciones perceptivas, estéticas, o visuales, sigue siendo predominante. Tal es así que tanto en francés como en castellano se refleja mayoritariamente ese significado, aludiéndolo como: "porción del territorio visto desde un sitio en su sentido artístico", "extensión de terreno que forma un conjunto artístico", o "imagen o cuadro que representa una escena natural (río, bosque, montaña, etc.)". En lengua inglesa mantienen estas definiciones, si bien con un sentido más espacial: "porción de territorio perceptible desde un lugar determinado".

Con estos precedentes, a partir de la segunda mitad de este siglo el vocablo paisaje, también sus equivalentes *paysage* y *landscape*, va a referirse predominantemente en un sentido estético-visual que, la verdad, casi nunca perdió². Tal y como señalan Rougerie y Beroutchachvili (1991), actualmente más que un cambio se produce una 'socialización' del término: a partir de las décadas de los años 1960 y 1970 comienza a utilizarse de forma indiscriminada muy ligado a la cultura del ocio, la publicidad, y al espectacular desarrollo de los medios audiovisuales. Es preciso anotar que, paralelamente a esas consideraciones, en determinados ámbitos científicos (geográficos sobre todo) sigue teniendo una acepción próxima a 'territorio', 'geosistema' o 'ecosistema'.

Esos enfoques básicos del paisaje, ya señalados por Passarge en 1931, los ha sintetizado adecuadamente González Bernáldez (1981):

- Como sinónimo de imagen; asociado a las propiedades visuales y perceptivas del territorio.
- Desde un punto de vista 'geográfico' o 'ecológico', a veces denominado 'científico', como sistema o conjunto de elementos de un territorio ligados por relaciones de interdependencia. Tiene un sentido holístico, equivalente a medio ambiente.

La primera de las acepciones señaladas es la defendida por González Bernáldez: "*es patente la necesidad de no confundir el concepto de 'paisaje' con otras ideas como las de sistemas o complejos ambientales para los que ya existe una terminología adecuada*" (González Bernáldez, *op. cit.*: 2).

En la misma línea anterior se sitúa una de las definiciones de paisaje más conocidas en castellano; se trata de la elaborada por el propio González Bernáldez y colaboradores: "*percepción plurisensorial de un sistema de relaciones ecológicas*", o "*parte perceptible de un sistema de relaciones subyacentes*" (Díaz Pineda *et al.*, 1973: 2). Así pues, para estos ecólogos es posible distinguir entre: un 'fenosistema', o conjunto de componentes del medio perceptibles en una imagen; y un 'criptosistema', o complejo de interrelaciones difícilmente observables y que proporcionan la información adicional para el entendimiento del sistema territorial

² Por ejemplo, en la lengua inglesa *landscape* estuvo siempre más ligado a los aspectos visuales, y *land* a los territoriales.

(geosistema). La información del criptosistema no es fácilmente obtenible de la observación, si bien puede inferirse a través de 'indicadores' (González Bernáldez, *op. cit.*). Aguiló *et al.* (1992) defienden también esta concepción estética del paisaje:

"Porción de espacio de la superficie terrestre aprehendida visualmente. En sentido más preciso, parte de la superficie terrestre que, en su imagen externa y en la acción conjunta de los fenómenos que lo constituyen, presenta caracteres homogéneos y una cierta unidad espacial básica." (Aguiló *et al.*, *op. cit.*: 805).

Pedraza (1988), ha resumido este enfoque perceptivo como 'fisonómico' o 'fisiográfico' referencial, pues alude a los rasgos o aspecto exterior del territorio, muy ligado por tanto a la Fisiografía.

En cuanto a la segunda acepción del término a que hacíamos referencia siguiendo a González Bernáldez (*op. cit.*), no se diferenciaría demasiado del significado de territorio, geosistema o ecosistema, es decir, como un conjunto de elementos físicos, biológicos y antrópicos que interactúan en el espacio (Tricart y Kilian, 1979).

También Aguiló *et al.* (*op. cit.*) ofrecen esta visión sistémica:

"El paisaje es el resultado de la combinación dinámica de elementos físico-químicos, biológicos y antrópicos que en mutua dependencia generan un conjunto único e indisoluble en perpetua evolución." (Aguiló *et al.*, *op. cit.*: 805).

Tratando de aproximarnos a una síntesis, parece existir unanimidad en que para conceptualizar el paisaje es necesaria una doble presencia: el territorio (espacio, medio físico, porción de terreno, escena) y el observador o perceptor del mismo (González Bernáldez, 1987; Escribano *et al.*, 1991). Incluso un autor como Hernández-Pacheco (1934b), que propugnó el estudio de este elemento complejo *"no considerándole fundamentalmente en el aspecto estético sino el de las ciencias de la Naturaleza"* (Hernández-Pacheco, *op. cit.*: 6), fue incapaz de eludir las valoraciones escénicas. Refiriéndose a este trabajo, González Bernáldez (1981) señaló que las consideraciones estéticas y emocionales están omnipresentes en las páginas del discurso del eminente geólogo, tanto como para poner en duda la factibilidad de sus propósitos.

Para González Bernáldez (*op. cit.*) precisamente ese carácter de articulación entre los aspectos de las ciencias de la Naturaleza y la abstracción, por una parte, y la sensibilidad, las emociones y la estética por otra, confieren gran interés al tema del paisaje. Para este autor es sobre todo 'información' susceptible de ser 'interpretada', lo cual puede ser de enorme interés en la gestión del territorio. Siguiendo este razonamiento, para Pedraza (1986) lo que realmente distingue al paisaje del resto de elementos del medio físico es su carácter 'puente' entre lo reflexivo y lo intuitivo, lo perceptivo y lo analítico, lo popular y lo técnico, lo sentimental y lo cognoscitivo, y en definitiva, entre lo natural y lo social.

1.2.4.2. Paisaje ecológico

Su estudio incide en la funcionalidad, o fisiología del territorio. En este sentido es una ciencia reivindicada por los geógrafos; una de sus expresiones más comunes señala el paisaje como "el objeto de análisis de la ciencia geográfica". Estudian más su estructura que la representación, y es una aportación eminentemente europea, concretamente de la antigua Unión Soviética, Alemania y Francia (Rougerie y Beroutchachvili, 1991). En España, han seguido esta línea geógrafos como Martínez de Pisón y colaboradores, o M. de Bolós y colaboradores.

Este enfoque sistémico ha consolidado recientemente en la renovada Ecología del Paisaje, basada en principios ecológicos y geomorfológicos. Inicialmente definida en Alemania por C. Troll (1939), tiene ahora múltiples conexiones en el mundo anglosajón (Forman y Godron, 1986).

1.2.4.3. Paisaje percibido

Atiende, como se ha señalado, a la representación (fisonomía, imagen, fenosistema, manifestación sintética) de los sistemas territoriales. En el contexto científico internacional esta aproximación está más ligada al ámbito anglosajón, donde ha dado lugar a multitud de trabajos de investigación a partir de la década de 1970. Su desarrollo ha sido impulsado especialmente en los Estados Unidos, y en menor medida en el Reino Unido³ (ver Gilmartín, 1995). Dentro de esta acepción pueden distinguirse a su vez dos enfoques:

- a) Perceptivo: interesa la valoración del paisaje según las reacciones que produce en quien lo observa.
- b) Técnico: el paisaje como escena es evaluado con independencia del individuo perceptor, lo cual normalmente requiere su análisis en componentes y categorías estéticas.

- El enfoque perceptivo

Ha dado lugar a los estudios centrados en las respuestas de los individuos ante el paisaje (interesa conocer cómo se valora éste). Atiende de forma especial a los mecanismos de la percepción.

Gilmartín (*op. cit.*) ha definido este grupo como 'enfoque psicológico', el cual centra su atención en los sentimientos y respuestas que provoca el paisaje en el individuo. Según dicho planteamiento, el paisaje es una creación de la percepción y hay tantos paisajes como

³ A esta materia dedican buena parte de sus contenidos todo un número de revistas especializadas: *Landscape and Urban Planning*, *Landscape Architecture*, *Landscape Research*, o *Journal of Environmental Management*. Nombres como Lynch, Zube, Steinitz, Kaplan, Appleton, Ulrich, Lowenthal, Daniel o Litton, entre muchos otros, figuran como verdaderos impulsores de estos estudios.

observadores. Su evaluación se realiza a partir de muestreos individualizados sobre ciudadanos representativos de la sociedad; constituyen lo que se han denominado 'modelos de preferencia'.

En estos casos se busca determinar qué paisajes son más apetecidos y por qué; se refiere pues a las actitudes, valoraciones, y preferencias de las personas frente al paisaje. Son trabajos cuya finalidad puede ser doble (Gilmartín, *op. cit.*): de carácter aplicado, utilizables en estudios de planificación y gestión territorial (toma de decisiones); y de investigación básica, buscan comprender los procesos psicológicos de la percepción.

Buen ejemplo de esa línea perceptiva son las aportaciones de Zube *et al.* (1982), Kaplan (1985), o Kaplan y Kaplan (1989). En nuestro país son bien conocidos los trabajos sobre preferencia ambiental de la escuela del profesor González Bernáldez, los cuales han gozado además de un cierto reconocimiento internacional (Maciá, 1980; Ruiz y Bernáldez, 1983; Bernáldez *et al.*, 1987); también los de J.A. Corraliza y colaboradores, desde el ámbito de la Psicología Social (Gilmartín, *op. cit.*).

- El enfoque técnico

En este caso el paisaje también es evaluado como 'escena', pero por profesionales o especialistas (expertos). Aunque en último término se llegue a unidades globalizadas, el procedimiento más usual para desarrollar este enfoque es el estudio de sus elementos o componentes; constituyen los denominados 'análisis sobre paisaje', en tanto se basan en "la separación de las partes de un todo para llegar a conocer sus principios o naturaleza". Reconociendo la importancia de la componente subjetiva-perceptiva, estas técnicas tratan de abordar el paisaje de la manera más objetiva posible, pero siempre considerando sus características o atributos visuales (conjunto perceptible o fenosistema): elementos y componentes (relieve, vegetación, agua, elementos antrópicos), cualidades o propiedades estéticas, o características visuales (color, contraste, forma), cuencas visuales, calidad y fragilidad visual, etc.

De esta tipología son, por ejemplo, la valoraciones estéticas que realizaron Linton (1968) o Leopold (1969). También los numerosos trabajos elaborados en la Cátedra de Planificación y Proyectos de la ETSIM de Madrid (Aguiló *et al.*, 1987; Escribano *et al.*, 1991; Aguiló *et al.*, 1992); según estas referencias, el paisaje tiende a analizarse en los siguientes términos:

1. Componentes. Se estructuran en: (a) formas del terreno o relieve; (b) agua (superficial); (c) vegetación; y (d) elementos artificiales (antrópicos), como usos del suelo, infraestructuras y construcciones. E. Hernández-Pacheco ya había aproximado ese análisis, que visto desde una perspectiva actual es sumamente elocuente; para este autor (Hernández-Pacheco, 1934b:38), los componentes del paisaje son:

Fundamentales:

- *El roquedo (rocas graníticas y eruptivas, calizas, areniscas, etc.)*
- *La vegetación (formaciones de bosque, formaciones de matorral, formaciones herbáceas)*

Complementarios:

- *Estado del cielo: nubosidad*
- *El agua (el mar, los lagos, las aguas corrientes, el agua sólida)*

Accesorios:

- *Los animales (silvestres, los ganados)*
- *El hombre en su aspecto etnográfico*
- *Los cultivos típicos del país*
- *Las construcciones*

A lo anterior sólo cabe precisar que algunos de los componentes accesorios, hoy merecerían una consideración como fundamentales.

2. Características visuales. El paisaje puede comprenderse a través de unos elementos de referencia básicos: forma, línea, color y textura, a los que deben añadirse la escala y el espacio.

3. Unidades o cartografía. Se trata de clasificar el paisaje en porciones homogéneas para facilitar su evaluación (modelos de calidad y fragilidad), útil en gestión territorial. Las porciones pueden definirse: con criterios de regularidad (mallas hexagonales, rectangulares, cuadradas, etc.); y con criterios de homogeneidad fisiográfica (unidades fisiográficas), lo que permite una evaluación conjunta en toda su extensión (ver Ramos *et al.*, 1979).

4. Cuencas visuales. Trata el establecimiento de unidades con criterios de visibilidad: delimitación de la superficie desde la que un punto es visible, y recíprocamente, la zona observable desde ese punto. Incluye otra serie de atributos (propiedades visuales), o modificadores de la visión (ver Aguiló *et al.*, 1992).

5. Calidad visual. Buscan evaluar el grado de excelencia o mérito de un paisaje para no ser alterado o destruido. Normalmente se basan en componentes o categorías estéticas, con frecuencia en base a criterios de preferencia ‘universales’: las vistas desde puntos elevados, los contrastes cromáticos, la armonía en los colores, la variedad fisiográfica (contraste de relieve), la presencia de agua y vegetación, los ambientes costeros, los bosques abiertos, la presencia de elementos históricos, etc. En base a estos criterios se han elaborado diferentes modelos de calidad de paisaje, caso del aplicado por Linton (*op. cit.*) en Escocia, que asumen una cierta parcialidad: lo que se ha denominado ‘subjetividad aceptada o asumida’.

6. Fragilidad visual. Están encaminados a determinar el grado de susceptibilidad al deterioro que presentan las cualidades o atributos de un paisaje frente a la incidencia de ciertas actuaciones; es el inverso a capacidad de absorción visual (ver González Alonso *et al.*, 1991).

- Estudios mixtos: enfoque psicofísico

Se trata de una aproximación a mitad de camino entre los enfoques perceptivo y técnico, y busca establecer las relaciones entre las características físicas del medio y las respuestas de la percepción (Aguiló *et al.*, 1992; Puig i Baguer, 1995; Gilmartín, 1995); atiende por tanto a las opiniones del público y a la de expertos y planificadores. Los trabajos más conocidos en este enfoque se deben a T.C. Daniel y colaboradores (Daniel y Vinning, 1983; Brown y Daniel, 1991).

1.2.4.4. Diseño paisajístico

Ligado a este tema que nos ocupa está el concepto de ‘paisajismo’ o ‘diseño paisajístico’, definido como *“el arte y la técnica de modelar el paisaje de los espacios habitados o alterados por el hombre”* (Aguiló *et al.*, 1987: 691). Las profesiones asociadas a estos objetivos (arquitecto paisajista, ingeniero, etc.) buscan el mejor uso de los componentes del medio: roca, suelo, agua, vegetación y edificios e infraestructuras. Normalmente el diseño ha estado relacionado con el paisaje a escala reducida (jardinería y urbanismo); pero también tiene su ámbito de aplicación asociado a las obras públicas o a la restauración de espacios degradados.

De nuevo aquí se refleja la disparidad de criterios entre los enfoques más subjetivos y objetivos. Para los evaluadores de la percepción, el diseño tendría que basarse en las preferencias de la población y no en el criterio de los ‘expertos’; en el polo opuesto a esta opción, que algunos han denominado ‘subjetivismo radical’ (ver Aguiló *et al.*, 1987), aparece la de quienes defienden que los ‘expertos’ pueden ofrecer soluciones más correctas.

La figura 1.3 es una propuesta para estructurar la disparidad de enfoques existentes respecto a los estudios que se refieren como ‘de paisaje’, incluyendo ejemplos españoles.

1.3. SÍNTESIS. LA PLANIFICACIÓN INTEGRADA COMO OBJETIVO

La conservación de la Naturaleza es una cuestión que interesa esencialmente al conjunto de la humanidad; éste —y no otro— es el planteamiento más sincero de cuantos se están haciendo en el momento actual. Las denominadas sociedades ‘postindustriales’ demandan cada vez en mayor medida espacios con un grado de naturalidad aceptable, como sinónimo de calidad de vida. Pero este objetivo no es sólo un capricho de los países ‘saciados’; es más bien una necesidad impuesta por los desequilibrios Norte-Sur, y por la degradación a nivel general que está sufriendo la superficie terrestre.

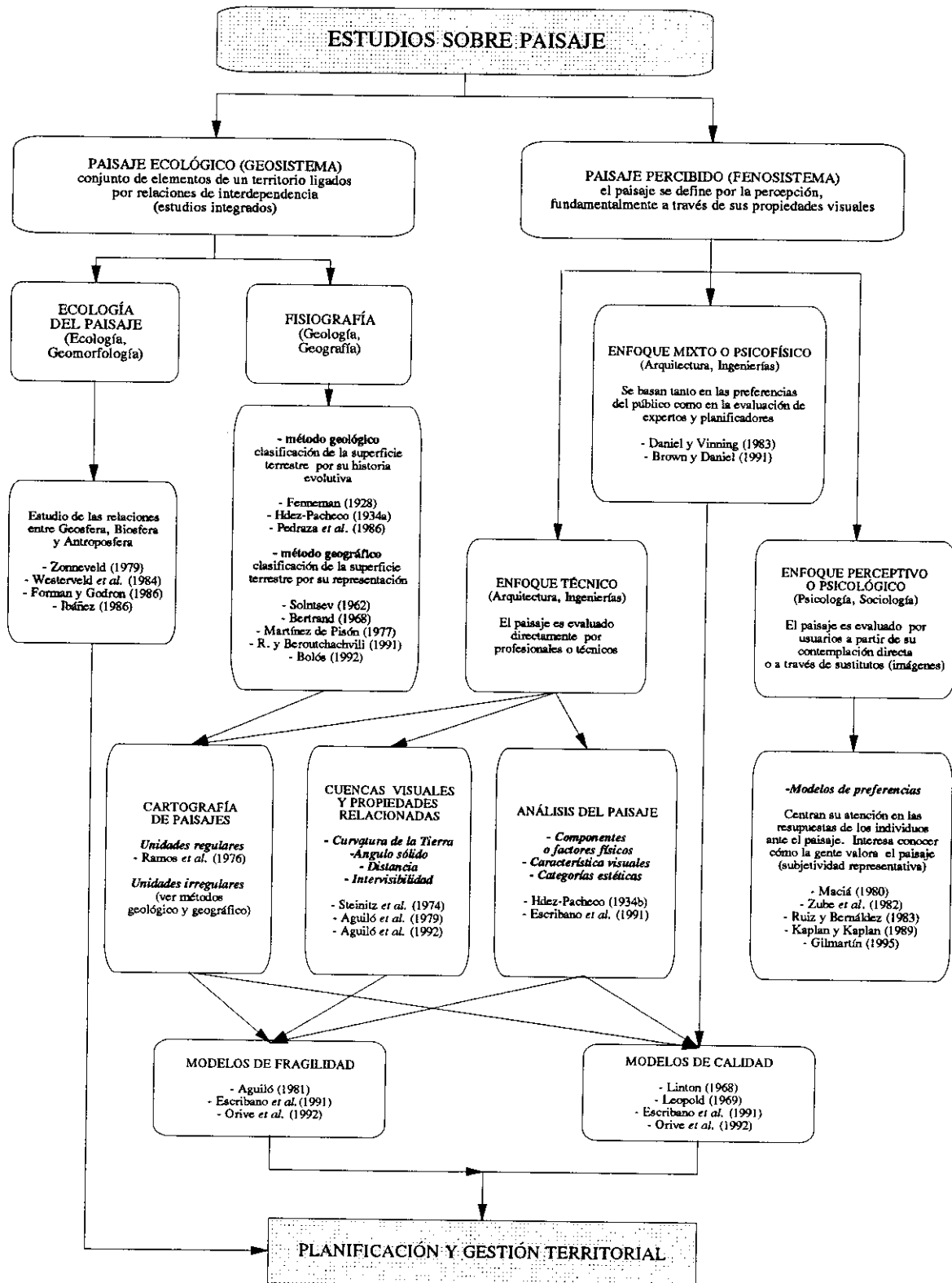


Figura 1.3. Diferentes enfoques en los estudios de paisaje.

Para acometer esa problemática ambiental surgen los denominados ‘estudios del medio físico’, conjunto de trabajos encaminados a conocer las características del territorio al objeto de: buscar un mejor aprovechamiento de los recursos naturales; ordenar los posibles usos buscando maximizar las capacidades del medio para acogerlas y minimizar los impactos que pudieran infringirle (planificación integrada); evaluar los posibles costes ambientales del desarrollo de políticas, planes, programas y proyectos (evaluación de impactos ambientales); y afrontar la restauración de áreas degradadas (restauración ecológica y del paisaje).

La principal conclusión derivada de los estudios del medio físico, aconseja establecer limitaciones a las actividades humanas, e introducir criterios de racionalidad. En definitiva, localizar esas actividades teniendo en cuenta las características del medio y considerando los criterios ‘territoriales’ al mismo nivel que los económicos o sociales; ése es el objetivo de la planificación territorial con bases ecológicas, o integrada.

Los procedimientos de evaluación de impactos ambientales deben considerarse un caso particular de la planificación integrada; pueden definirse como una confrontación entre, por un lado, las acciones humanas con potencialidad para generar impactos y, por el otro, los elementos, recursos o características del territorio susceptibles de ser afectados por dichas actividades.

Todo ese potencial preventivo presenta actualmente una eficacia limitada, en tanto son informes que se incorporan a proyectos en las fases finales del proceso de toma de decisiones; en cualquier caso, y de momento, son los ‘estudios del medio físico’ con mayor repercusión social dada su obligatoriedad en muchos supuestos.

Los trabajos de restauración ecológica y del paisaje buscan la rehabilitación de espacios degradados, y su filosofía o fundamento es la restitución de las condiciones del medio (naturales, productivas, etc.). Éstos han experimentado un gran crecimiento en los últimos años, asociados a la demanda de ‘calidad ambiental’ por el conjunto de la sociedad.

Los análisis sobre paisaje, cuyo incremento en los últimos años ha sido espectacular, pueden considerarse un caso particular de estudios del medio físico. Basan su metodología en la síntesis de las distintas características del medio (geóticas, bióticas y sociales), y en la percepción de las mismas por el hombre.

Es un procedimiento común al conjunto de los estudios del medio físico el empleo de sistemas de valoración propios, con jerarquías otorgadas por conocimientos asociados a diversas ciencias. En este contexto, resta profundizar en los procedimientos de confrontación entre las valoraciones ecológicas y las socioeconómicas.

Como resumen podríamos señalar que, por su carácter integrador, la planificación territorial con bases ecológicas, planificación ecológica, o planificación integrada, es la herramienta más adecuada para abordar los denominados 'problemas ambientales'; esta tesis está avalada por la experiencia de todos aquéllos que han trabajado en estos temas. Desde esta perspectiva, se pretende superar análisis parciales aplicados a la resolución de problemas concretos, y llegar a estudios globalizados. Así pues y a pesar de su escasa consideración actual, prácticamente irrelevante respecto a los procedimientos de evaluación de impactos ambientales por ejemplo, la planificación territorial con bases ecológicas, o planificación integrada, debería ser el objetivo a perseguir por gestores, técnicos y sociedad.

2. FUNDAMENTO Y METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS INTEGRADOS

El enfoque que actualmente requieren los estudios del medio físico y la planificación integrada o ecológica, ya estaba presente a finales del siglo XIX en trabajos llevados a cabo con objetivos muy distintos: académicos, investigación, desarrollo regional, militares, o ingeniería civil (*land surveys, integrated surveys, terrain analysis, terrain evaluation*).

Frente a los trabajos actuales, más preocupados por la conservación, los precedentes citados estaban dirigidos sobre todo hacia el aprovechamiento de los recursos. Por tanto, son razonables las dudas sobre su utilidad metodológica en esta nueva etapa. Sin embargo autores como Moss (1975) defienden aquéllos métodos, y afirman que la estructura de muchos de esos esquemas es aplicable a cualquier parte del mundo independientemente de su grado de desarrollo y finalidad. De hecho, como veremos, los aspectos metodológicos no han variado demasiado con el tiempo sino que se han adaptado a los fines de la planificación territorial y la conservación.

2.1. TERMINOLOGÍA RELACIONADA CON LOS PROCEDIMIENTOS: ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN TERRITORIAL

Según el Diccionario de la Lengua Española, 'análisis' es la "*distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos*" (RAE, 1992:134). También "*examen detallado de cualquier cosa compleja con el fin de entender su naturaleza o determinar sus caracteres esenciales*" (Aguiló *et al.*, 1992: 799). Referido al territorio, normalmente consiste en la identificación e interpretación de unos 'patrones': *Terrain Analysis* (Way, 1973); *Terrain analysis and classification using aerial photographs* (Van Zuidam y Van Zuidam, 1979).

Por otro lado, 'clasificar' es el proceso de ordenar elementos en grupos o clases, mediante sus propiedades comunes. Digamos, antes de nada, que el hecho de clasificar es inherente al comportamiento humano y a su forma de entender y organizar todo lo que le rodea. En el caso de la superficie terrestre, dos han sido las principales formas de organización: unas, conocidas como regionalizaciones naturales, se basan en los componentes físicos (clima, roquedo, relieve,

agua, suelo, vegetación); otras, conocidas como regionalizaciones geográficas, responden a directrices geopolíticas y, más concretamente, parámetros históricos y socioeconómicos.

Los procedimientos de clasificación territorial (*land classification, terrain classification*) que aquí interesan, son aquéllos concernientes al medio físico natural —no antrópico— (en adelante clasificaciones territoriales), puesto que una de las premisas de la planificación ecológica es precisamente destacar el carácter ‘director’ o ‘condicionante’ del medio natural.

Cuando se trata de definir porciones territoriales de conjunto (ecosistemas, paisajes), es necesario interpretar las pautas de asociación o interrelación entre los diferentes elementos del medio. En este caso las clasificaciones territoriales han utilizado una serie de criterios, o rasgos físicos obvios, entre los cuales juegan un papel destacado los geológico-geomorfológicos; muchos de ellos son netos: un cambio litológico o estructural, un cambio de pendiente muy marcado, una formación superficial bien definida, etc., señalan normalmente el límite de una unidad. Sin embargo, el grado de discontinuidad entre unidades no siempre es así y puede variar hasta extremos en que sea completamente gradual, pasando por aquellas situaciones en las que exista un gradiente de variación discontinuo. Así, con frecuencia el criterio para ‘trazar la línea’ aparece ciertamente complicado.

Los métodos gráficos o de representación pueden proporcionar una herramienta sumamente valiosa para definir los límites (Mitchell, 1991): si la selección se basa en un atributo o elemento, se establecen grados de similitud o coeficientes de correlación entre unidades; si se basa en dos o tres parámetros o elementos, pueden utilizarse sistemas de representación binarios y ternarios. Finalmente, cuando se utilizan más de tres criterios el análisis estadístico multivariante aparece como un método eficaz, utilizado con frecuencia en Ecología (De Pablo y Díaz Pineda, 1985; De Pablo y Martín de Agar, 1993).

Por lo que respecta a los procesos de ‘evaluación’, consisten en ponderar la aptitud o limitación del territorio para un uso definido. En este punto cabe precisar entre ‘valoración’ y ‘evaluación’. La primera tiene en general un objetivo más intrínseco y se sitúa como un paso inmediatamente posterior al inventario: *“acción de dotar de significado a las distintas categorías de una clasificación.”* (Aguiló et al., 1987: 977). La segunda va encaminada a la gestión: *“(...) la evaluación es un proceso o técnica, directamente encaminado a comparar los resultados de distintas alternativas con el fin de orientar a las áreas de decisión en su elección de la alternativa apropiada en cada caso. Es así un instrumento de ayuda en la toma de decisiones, con la que no debe confundirse.”* (Aguiló et al., 1987: 419).

En la literatura inglesa, utilizan para este particular *evaluation* (Stewart, 1968; Leopold et al., 1971; Beaven, 1976; FAO, 1976; Rutter, 1977; Zonneveld, 1979; Moss, 1980; Mitchell, 1991) y *assessment* (Linton, 1968; Rodiek, 1978; Grant, 1982). De una forma sintética, diríamos que *assessment* es una ponderación más cualitativa y equivale a la ‘valoración’,

mientras que *evaluation* se refiere a una ponderación más cuantitativa y equivale a una 'evaluación'. Conceptualmente estos términos podrían traducirse: "estimar la cualidad de algo", próximo a 'estimación', el primero; "proceso por el que se fija un valor a una cosa", próximo a 'tasar', el segundo (Grant y Finlayson, 1978; Finlayson y Buckland, 1987).

Las evaluaciones territoriales se realizan normalmente según su aptitud, capacidad, y fragilidad o vulnerabilidad, expresada en términos de limitaciones, restricciones, adecuación, etc. (Aguiló *et al.*, 1992).

2.2. DESARROLLO HISTÓRICO: ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN

En la actualidad, la Historia Natural describe el territorio como el resultado de un conjunto de procesos que interactúan a lo largo del tiempo y llegan a configurar unos patrones determinados. Los primeros estudios al respecto fueron eminentemente 'enciclopedistas', y observaban el territorio como un ente complejo e indivisible. En el siglo XVIII consolidan los análisis temáticos, que reemplazan a los anteriores y compartimentan la Naturaleza según diversos enfoques metodológicos o ciencias: Geología, Biología, Edafología, etc. Más tarde surge el enfoque ecológico y geográfico, precisamente tratando de recuperar ciertos aspectos metodológicos de la etapa 'enciclopedista' y poner de nuevo el acento en las visiones de conjunto.

2.2.1. Escuelas geográficas europeas

Los precedentes de la concepción sistémica del territorio, con frecuencia aludido como 'paisaje', pueden situarse en Alemania con A. von Humboldt (1769-1859) y su obra *Kosmos* (1845-1862). Este geógrafo ya puso de manifiesto la importancia de la interrelación entre los diferentes elementos que integran la Naturaleza, haciendo referencia a su funcionamiento similar al de un organismo vivo.

Con posterioridad a Humboldt destacan sus discípulos Ritter y Von Richthofen, pero serían S. Passarge y C. Troll quienes sentaran las bases para los análisis modernos del paisaje desde una óptica territorial y sistémica: al primero se atribuyen los fundamentos de la Ciencia del Paisaje (*Landschaftskunde*); al segundo la incorporación a la misma de los postulados ecológicos, introduciendo la Ecología del Paisaje (*Landschaftsökologie*) y la Geoecología (ver Rougerie y Beroutchachvili, 1991). Estos trabajos sitúan en Alemania una de las escuelas de clasificación y evaluación territorial más importantes de toda Europa, relacionadas siempre con la disciplina geográfica.

A partir de las aportaciones llevadas a cabo a finales del siglo XIX por el eminente edafólogo ruso Dokuchaev (1883) y retomando los precedentes alemanes, nacería en la hoy extinta Unión Soviética otra potente escuela sobre clasificación y evaluación territorial. Berg (1931), con su

publicación *Landschaftno-geografischeskiye Zony SSSR*, está considerado el fundador y Solntsev (1962), Vinogradov *et al.* (1962), Prokayev (1962), Isachenko (1965) y Sochava (1963, 1974) los continuadores de esa línea de investigación (González Bernáldez, 1981).

De la Geografía Física soviética y alemana derivan también los trabajos integrados en Francia; dos de sus figuras más destacadas, G. Bertrand y J. Tricart, tendrán a su vez una influencia muy directa en la Geografía de nuestro país.

Los pasos más recientes en estas escuelas giran en torno a la continuación y renovación de la disciplina denominada Ecología del Paisaje (ver Zonneveld, 1979; Forman y Godron, 1986).

2.2.2. Escuelas fisiográficas anglosajonas

En el ámbito anglosajón, los estudios sobre clasificación y evaluación territorial han estado ligados sobre todo a los profesionales en Ciencias de la Tierra. El origen de lo que se ha dado en llamar clasificaciones territoriales, o regionalizaciones, tiene su inicio en Estados Unidos. A finales del siglo XIX y principios del XX, un importante número de geógrafos físicos y geomorfólogos de ese país (Powell, 1895; Powell *et al.*, 1896; Davis, 1899a; Bowman, 1911; Joerg, 1914; Fenneman, 1916, 1928), desarrollan sistemas de subdivisión del territorio en grandes unidades homogéneas, denominadas 'divisiones fisiográficas'. Con posterioridad, esos trabajos fueron prácticamente abandonados en EEUU y únicamente destacan en estos temas autores como Veatch (1933, 1937) y, muy posteriormente, Hunt (1967).

La obra de los fisiógrafos estadounidenses tendrá continuidad en el Reino Unido durante el primer tercio del siglo XX. Las unidades territoriales definidas por los autores británicos tienen una visión eminentemente aplicada, por tanto son de mayor escala que las de los fisiógrafos americanos. La figura más significativa de esta época es Bourne (1931), considerado por muchos el verdadero pionero de los estudios ecológicos en el Reino Unido. Destacan además Unstead (1916, 1933), Wooldridge (1932), y Milne (1935), quienes tendrán una contribución decisiva al respecto. Con posterioridad sobresalen los trabajos de Linton (1951) y en menor medida los de Waters (1958) y Savigear (1965).

Pero donde realmente consolidaron las ideas de los autores anglosajones es en la escuela australiana de la CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*) y fueron principalmente las aportaciones de Bourne (1931) y de los primeros fisiógrafos americanos las que dieron lugar a su nacimiento. Es así como dentro de la CSIRO nacía en la década de 1940 la que a la postre sería la metodología de clasificación y evaluación territorial más universal: los *land system* (Christian, 1958; Christian y Stewart, 1968)¹.

¹ El trabajo original en el que se definen los *land system* es: Christian, C.S. and Stewart, G.A. (1946). *North Australia Regional Survey, 1946, Katherine-Darwin Region. General Report on Land Classification and Development of Land Industries*, CSIRO, Melbourne. La metodología y descripción fue ampliada y divulgada en las publicaciones: Christian, C.S.

El éxito y divulgación de la metodología CSIRO propició su aplicación a otras regiones y con otros propósitos. Es así como surgieron los trabajos con fines militares del MEXE (*Military Engineering Experimental Establishment*; Beckett y Webster, 1965; Brink *et al.*, 1966); o el método PUCE (*Pattern, Unit, Component, Evaluation*), desarrollado para ingeniería civil por Aitchison y Grant en 1967 (Aitchison y Grant, 1968). La metodología CSIRO ha sido seguida además por el *Soil Conservation Authority of Victoria*, o la FAO y la UNESCO en países en vías de desarrollo (Mitchell, 1991).

2.2.3. Planificación ecológica

Con el inicio del movimiento 'ambientalista' que tiene lugar entre mediados y finales de los años 1960 en el mundo occidental, los estudios fisiográficos comienzan a retomarse como base para el planeamiento territorial. Precisamente y como ya se ha indicado, el enfoque integrado o ecológico que demandan estos planteamientos estaba presente ya en trabajos llevados a cabo con otros fines.

Ante la nueva situación, muchos métodos se retoman y modifican; es el caso de los empleados en desarrollo regional, que pasan a utilizarse ahora en planificación territorial con un sentido más amplio en cuanto a actividades posibles e introduciendo alternativas restrictivas o de conservación. Como ejemplo puede citarse el método de Hills (1961), los trabajos del ITC holandés (Van Zuidam y Van Zuidam, 1979), o las nuevas regionalizaciones fisiográficas de Godfrey (1977).

Pero la problemática ambiental también propiciaría el nacimiento de nuevas metodologías, en buena parte ligadas a la Arquitectura del Paisaje y a la aplicación de técnicas automáticas de tratamiento de datos; concretamente los SIG. Estos últimos revolucionaron los estudios del medio físico, condicionando los procedimientos al aumentar las posibilidades de clasificación y evaluación territorial.

El suceso clave en el campo de estos métodos, fue la publicación en 1969 de la obra *Design with Nature* de I.L. McHarg (ver epígrafe 1.2.1). Dicha obra puede considerarse la base o punto de partida para la planificación territorial con fundamentos ecológicos. Aunque dicha planificación se iniciara sobre todo en los países anglosajones, también se aplicó en otros lugares debido sobre todo a discípulos del propio McHarg (Falque *et al.*, 1974; Tarlet, 1977).

(1952). *Regional Land Surveys*, *J. Aust. Inst. Agric. Sci.*, 18: 140-146; y sobre todo: Christian, C.S. and Stewart, G.A. (1953). Summary of general report on survey of Katherine-Darwin Region, 1946 (CSIRO, Australia). *Land Research Series*, 1. Otro trabajo en el que se desarrolla es: Stewart, G.A. and Perry, R.A. (1953). Survey of Townsville-Bowen Region, 1950 (CSIRO, Australia), *Land Research Series*, 2. El volumen más completo sobre la aproximación de los *land system*, lo constituye: Stewart, G.A. (ed.) (1968). *Land Evaluation*. Macmillan, Melbourne.

Además de la obra de McHarg, otros trabajos que han desarrollado modelos y metodologías ya clásicas de planificación física son: Lewis (1964), Steinitz y Rogers (1968), Steinitz y Sinton (1969), Steinitz (1970), Johns (1973).

2.2.4. Estudios integrados en España

El origen de los estudios fisiográficos en nuestro país está personalizado en las figuras de dos eminentes geólogos-geógrafos: Juan Dantín Cereceda (1912, 1922, 1942) y Eduardo Hernández-Pacheco (1934a, 1934b, 1955-1956). Aunque el grueso de su obra fuera la Edafología, también merece ser destacada la labor realizada en este campo por Emilio Huguet del Villar (1937). Habida cuenta del desarrollo de estos temas a principios del siglo XX, estos trabajos pueden considerarse pioneros a escala internacional.

Tras esos prometedores comienzos, este tipo de ensayos no tuvieron continuidad y en el segundo tercio del siglo XX únicamente destacan algunos autores aislados: es el caso de J. Vilà Valentí, M. de Terán, o L. Solé Sabarís, más seguidores de las escuelas alemana y francesa de Geografía Física que de la fisiográfica española antes mencionada.

Los denominados estudios integrados volvieron a resurgir con la planificación ecológica; si tenemos en cuenta que a nivel mundial este tipo de trabajos aparecen a finales de 1960 y principios de 1970, de nuevo hay aportaciones españolas a las que podemos calificar como 'vanguardistas' en este campo. Es el caso de González Bernáldez *et al.* (1973, 1974), Díaz Pineda *et al.* (1973), Ramos y Ayuso (1974), Gómez Orea *et al.* (1975), Ayuso *et al.* (1976), Ramos *et al.* (1976); incluso podría decirse que el desarrollo metodológico consolidó con una obra específica sobre *Planificación física y Ecología* (Ramos *et al.*, 1979).

La labor inicial estuvo nucleada en torno a dos centros de investigación principales, los cuales han contribuido de forma muy destacada al posterior desarrollo de la planificación ecológica y la formación de profesionales. Nos referimos a la Cátedra de Planificación y Proyectos de la ETSIM de Madrid, dirigida por A. Ramos; y al Departamento Interuniversitario de Ecología de las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid, con la figura del desaparecido profesor F. González Bernáldez a su frente, cuyo núcleo de formación se situó en torno al Grupo de Análisis Ambiental del Departamento de Ecología de la Universidad de Sevilla.

De la Cátedra de Planificación y Proyectos de la ETSIM de Madrid han derivado equipos que hoy tienen una importancia específica en la planificación territorial de nuestro país. Son los casos, entre otros, de los radicados en la Universidad de Cantabria y en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, dirigidos por los profesores A. Cendrero y D. Gómez Orea, respectivamente. De la escuela de ecólogos proceden otro gran número de trabajos y profesionales, entre los que podemos citar: Sancho Royo *et al.* (1981), Martín de Agar, (1984), De Pablo y Díaz Pineda (1985), Ramírez Díaz *et al.* (1994).

Con planteamientos más teóricos y netamente asociados a la investigación básica, merecen destacarse también las contribuciones debidas a geógrafos y geólogos. Citaremos como ejemplo la cátedra de Geografía Física de la UAM (ver Martínez de Pisón, 1977; Arenillas *et al.*, 1988), el recientemente creado *Servei C.T. de Gestió i Evolució del Paisatge* (Bolós, 1992), la División de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Cantabria, y el Departamento de Geodinámica de la UCM.

El equipo de la Universidad de Cantabria cuenta con amplia experiencia en clasificaciones y evaluaciones para planeamiento territorial. Son trabajos referenciales del mismo: Cendrero (1975), Cendrero *et al.* (1976) y Díaz de Terán (1985). Sus métodos aparecen estandarizados en Cendrero y Díaz de Terán (1987) y han sido aplicados, entre otros, a los mapas geocientíficos de Valencia (Cendrero *et al.*, 1986) y Madrid (Ayala *et al.*, 1988b). También en ejemplos reales de ordenación territorial (ver Francés, 1990a, 1990b, 1990c).

Los geomorfólogos de la UCM trabajan en clasificaciones metodológicas y bases conceptuales; ejemplo de ello son: Pedraza y Garzón (1978), Garzón (1978), Cabra *et al.* (1983), Centeno *et al.* (1983), Pedraza *et al.* (1986a), Fernández *et al.* (1987), Centeno (1987). Destaca también su experiencia en trabajos de planificación ecológica con equipos interdisciplinarios (Gómez Orea, 1975; Garzón, 1977; Garzón y Pedraza, 1977; Bartolomé *et al.*, 1980; Lafuente *et al.*, 1981).

2.3. TIPOS DE METODOLOGÍAS

A la hora de abordar los procesos de clasificación y evaluación territorial, dos han sido los procedimientos más seguidos:

- a) Definir unidades territoriales homogéneas respecto al conjunto de los elementos que componen el medio natural, como base para su posterior evaluación (enfoque sintético).
- b) Partir de mapas temáticos para elaborar unidades territoriales mediante la superposición cartográfica y, conjuntamente, proceder a la evaluación de las mismas partiendo de las valoraciones sectoriales (enfoque analítico).

En el primer caso, dado que las unidades del conjunto se diferencian en base a sus propiedades físicas (perceptibles), los métodos se refieren como 'fisiográficos'; en el segundo la clasificación se hace en función de unos atributos o características preseleccionadas y entonces los métodos generados se denominan 'paramétricos'.

Díaz de Terán (1985) analiza un grupo de métodos catalogables como mixtos, que combinan la definición de unidades homogéneas con la elaboración de mapas temáticos.

2.3.1. Procedimientos fisiográficos

Varios autores (Mabbutt, 1968; Wright, 1972; Van Zuidam y Van Zuidam, 1979; entre otros), han dividido los métodos fisiográficos en dos: 'genéticos', si el procedimiento de clasificación es la subdivisión progresiva del territorio a partir de grandes unidades y siempre en base a factores causales; y 'paisajísticos' o 'fisiográficos' (s.s.), si la clasificación se realiza por asociación o combinación progresiva de unidades menores. Sin embargo, Beaven (1976), Ollier (1977), Grant y Finlayson (1978), Mitchell (1991), entre otros, creen que sería más conveniente incluir ambos procedimientos bajo la segunda denominación. Nosotros nos inclinamos por esta última postura, si bien es cierto que para la discusión sobre sus ventajas e inconvenientes puede ser adecuada la separación.

2.3.1.1. Grandes unidades: método genético

Fueron los primeros en desarrollarse, y tienen su origen en las regionalizaciones fisiográficas realizadas en Estados Unidos. El procedimiento consiste en la segregación de unidades mediante subdivisiones progresivas del territorio: el complejo 'superficie terrestre' se subdivide en base a factores causales. El término que las define hace referencia a los factores que constituyen el fundamento de las subdivisiones; tienen por tanto una componente geológica importante.

- La imagen de satélite como herramienta

En el pasado estos procedimientos consistían en recopilar y sintetizar la información geológica y geomorfológica. Actualmente, aun cuando esta técnica sea muy poco utilizada, la posibilidad de interpretar patrones territoriales a través de la imagen de satélite ofrece grandes ventajas al realizar clasificaciones genéticas; de hecho, esta herramienta ya se está utilizando con estos fines (Laut *et al.*, 1977; Sayago, 1982).

- Ventajas e inconvenientes

La principal ventaja atribuida a los métodos fisiográficos a pequeña escala (genéticos) es que realizan una separación lógica del territorio, obteniendo unidades que posibilitan una adecuada construcción jerárquica. Además se trata de clasificaciones con un elevado grado de universalidad, permitiendo realizar la correlación entre regiones alejadas en base a la existencia de factores de control similares (Mabbutt, 1968). Este tipo de trabajos tienen un alto valor didáctico, por lo que son muy útiles con fines académicos y para comprender el territorio a pequeña escala. Por contra, la dimensión de las unidades no permite su uso de forma estandarizada a nivel de gestión. Por otro lado presentan una gran complejidad interna, y a medida que descendemos en la escala jerárquica los criterios de subdivisión se difuminan.

2.3.1.2. Unidades menores: métodos fisiográficos (s.s.) o paisajísticos

Compartimentan el territorio en base a sus propiedades físicas más evidentes y, por tanto, fácilmente perceptibles. Una vez segregadas las unidades básicas, éstas pueden agruparse progresivamente en otras mayores de forma ascendente (método sintético), aunque ese paso no está estandarizado. Su nomenclatura alude precisamente al modo de proceder en la clasificación, pero sobre todo a estar basados en características 'visuales' o 'perceptivas' del territorio (fisonomía, aspecto, apariencia). Cuando la ligazón entre los patrones geométricos y genéticos del relieve es evidente, es frecuente aludir a estos métodos como 'geomorfológicos'.

- La fotografía aérea como herramienta

Los métodos de clasificación fisiográfica se desarrollan a partir del primer tercio del siglo XX, dadas las excelentes oportunidades de estudio para la segregación de paisajes que ofrece la interpretación de pares estereoscópicos de fotografías aéreas; las unidades definidas son igualmente percibidas en campo o desde el aire. Precisamente es esta técnica de fotointerpretación la que ha otorgado a la Geomorfología un papel clave en los estudios y clasificaciones territoriales. Desde hace ya varios años, se han visto complementadas con el uso de imágenes de satélite.

- Ventajas e inconvenientes

Los métodos fisiográficos han mostrado su utilidad desde la óptica para la que fueron desarrollados, habiendo sido aplicados con éxito en numerosas y muy diferentes regiones del Planeta. Por este motivo, gozan de gran difusión en la literatura especializada; buen ejemplo de ello es el método australiano de la CSIRO (Christian, 1958; Christian y Stewart, 1968).

Aunque preferentemente se hayan puesto en práctica en territorios poco estudiados, también son aptos para regiones donde existe un exceso de información; en estos casos definen unidades sintéticas y seleccionan la información verdaderamente relevante (Godfrey, 1977; Cooke y Doornkamp, 1978). Esto último permite separar fácilmente los atributos útiles en cada unidad, o cuál es el peso específico que posee en cada lugar un elemento determinado; por el contrario, en los métodos paramétricos esa valoración resulta mucho más difícil.

Precisamente, una de las grandes ventajas de estos métodos es su asequibilidad: son económicos y rápidos, y presentan los resultados de manera sencilla para su comprensión por no especialistas (administradores, gestores, afectados, etc.). Las unidades son además fácilmente identificables, y de hecho coinciden con las reconocidas históricamente por la población en base a su fisonomía y posibilidades de uso; son por tanto un 'puente' o 'punto de encuentro' entre los especialistas (técnicos, científicos, expertos) y los usuarios (población en general).



Los procedimientos fisiográficos posibilitan también la construcción de sistemas jerárquicos; cuando están organizados con una base genética, otorgan al método solidez como sistema de clasificación al tiempo que permiten su correlación con clasificaciones a pequeña escala. De esta manera, es posible llegar a establecer sistemas jerárquicos que podríamos denominar 'completos', que abarcan desde espacios continentales hasta locales (Howard y Mitchell, 1985, en Mitchell, 1991; Godfrey y Cleaves, 1991).

Por contra, se atribuye a este tipo de metodologías ciertas deficiencias derivadas de su carácter cualitativo. De hecho esta circunstancia llevó a desarrollar métodos que, aun siendo fisiográficos, eran susceptibles de cuantificación; es el caso del sistema PUCE (Aitchison y Grant, 1967, 1968).

De los métodos fisiográficos se critica también su forma de compartimentar el territorio en sectores homogéneos, operativamente cerrados entre sí, de modo que *"se soslayan las interconexiones paisajísticas y el área de estudio queda subdividida en unidades de carácter aparentemente autárquico."* (Ibáñez *et al.*, 1987: 1069).

Finalmente, para algunos autores las unidades obtenidas son excesivamente estáticas, pues no consideran la dinámica actual ni su evolución (Tricart, 1973). Mitchell (1991) y Godfrey y Cleaves (1991) salen al paso de esas críticas, señalando que es posible incluir en cada unidad la información sobre procesos que se estime oportuna.

2.3.2. Procedimientos paramétricos

Son metodologías fundamentalmente desarrolladas en planificación ecológica, e íntimamente ligadas a las posibilidades que ofrecen las técnicas de cálculo automático y sistemas de información geográfica. Se centran más en las evaluaciones que en la clasificación; por tanto son idóneas para objetivos específicos, en función de los cuales se seleccionan los parámetros que interesan. Su empleo está muy extendido en la actualidad a la resolución de problemas ambientales concretos, tales como la elaboración de mapas de capacidades, índices, potencialidades, calidades, riesgos, impactos, vulnerabilidades, fragilidades, estados de degradación, etc.

También aquí la Geomorfología puede aportar información relevante, aunque no tan decisiva como lo hacía en los métodos fisiográficos. El tipo de variables o parámetros geomorfológicos que se integran junto a otros del territorio, son: formaciones superficiales, espesor del regolito, morfología o topografía, relieve interno, posición fisiográfica, altitud, pendientes, orientación, procesos actuales, etc. Utilidades específicas para las Ciencias de la Tierra en este campo son: modelos de susceptibilidad a la erosión hídrica o eólica, a los movimientos gravitacionales, a la contaminación de acuíferos, etc.

- Técnicas de tratamiento de la información: los Sistemas de Información Geográfica

Los sistemas paramétricos se caracterizan fundamentalmente por la integración de diferentes aspectos temáticos mediante cartografía automática y SIG; la superposición puede ser también manual, pero por lo común requiere soporte informático.

Los SIG, o GIS, son sistemas de almacenamiento, manipulación y recuperación de información espacial referenciada geográficamente. Un procedimiento completo con estas herramientas incluye: adquisición de los datos (*data acquisition*), o proceso previo al tratamiento automático y en el cual se recopila información a partir de cartografías, bibliografía, fotografía aérea, etc; chequeo (*data input*) o reprocesado y formateado de los datos para su almacenamiento; incorporación de los datos al proceso automático mediante su digitalización y conversión en formato *vector* o *raster*, o captura de la información temática en un formato en el que sea posible su manipulación (*data storage*); procesamiento (*data processing*) transformando y homogeneizando los datos para su tratamiento; superposición y manipulación (*data output*) mediante las relaciones necesarias (algoritmos); uso y resultados (*data use*), o aplicación de la información desde el GIS al problema real y subsiguiente monitorización de los resultados; y gestión (*management*) o estructura de gestión del GIS.

- Ventajas e inconvenientes

Este tipo de métodos son normalmente útiles allí donde los objetivos de la investigación están claramente relacionados con rasgos reconocibles del territorio, por lo que son muy frecuentes en ingeniería y ciencias ambientales. Según Mitchell (1991), permiten llegar a conclusiones que de otra manera serían difíciles de alcanzar. Tienen además la ventaja de ser bastante 'objetivos', lo que les ha creado fama de eficaces y 'convincientes'. Pero lo que más se valora en esta forma de trabajar, es la posibilidad de cuantificación y por tanto de poder operar automáticamente. Otra de sus grandes ventajas es la posibilidad que ofrecen para trabajos conjuntos entre especialistas temáticos, en verdaderos equipos multidisciplinarios (Díaz de Terán, 1985).

En general son más fácilmente aplicables en áreas bien conocidas, puesto que requieren información previa disponible (publicaciones, cartografías, etc.). De no existir esa información debe adquirirse mediante trabajos de campo, lo cual encarece en gran medida su ejecución.

Su principal limitación deriva de las dificultades para la adecuada selección de los parámetros implicados en el proceso de evaluación, o su correcta división en clases; por ejemplo, clasificación y ponderación pueden hacerse muy difíciles de aplicar allí donde existan cambios graduales de las propiedades del territorio (Mabbutt, 1968).

Por otro lado, la homogeneización de los diferentes datos para su correcta integración siempre se ha planteado como un objetivo difícil. Así lo señalaban Christian y Stewart (1968) en una

época en la que primaban los métodos fisiográficos, pero cuya conclusión sigue siendo válida hoy:

"los métodos paramétricos tienen la inherente debilidad a que induce el hecho de trabajar a diferentes escalas, utilizar diferentes métodos de muestreo areal, y alcanzar diferentes niveles de generalización para cada parámetro, lo que hace ciertamente difícil la integración de los diferentes mapas." (Christian y Stewart, 1968: 246).

Este problema puede incrementarse notablemente para profesionales o estudiosos con poca experiencia en la materia de que se trata; en estos casos es frecuente que las unidades finales, obtenidas mediante superposición, sean muy poco reales e incluyan importantes errores. Todo ello viene condicionado por las imprecisiones que se van acumulando en cada uno de los mapas iniciales en cuanto a la obtención de diferentes niveles de generalización, la incorrecta homogeneización en las escalas, la desigual valoración de los parámetros, y al escaso razonamiento en el proceso de superposición. Bailey *et al.* (1985) señalan que los métodos paramétricos presentan graves problemas en la superposición de los límites.

Determinados autores (Ibáñez *et al.*, 1987) son muy críticos con las metodologías que siguen procedimientos paramétricos, incidiendo en los aspectos ya comentados: en la fase de inventario es preciso homogeneizar datos que en sí mismos son muy heterogéneos; existen importantes lagunas documentales; es necesaria la presencia de una amplia gama de especialistas; los métodos automáticos plantean problemas de operatividad a la hora de extrapolar resultados; los datos se recopilan con un fin establecido, lo que limita su valor para otros objetivos; las cartografías temáticas dificultan el establecimiento de relaciones o pautas genéticas. También aquí ha sido criticada la escasa consideración dinámica, en términos de procesos actuales y tendencias evolutivas, así como la falta de relaciones entre unidades (Ruxton, 1968; Simpson, 1989).

Como conclusión, podríamos decir que son más adecuados para objetivos específicos y para profesionales cualificados, y menos para evaluaciones territoriales intrínsecas o de conjunto.

2.4. SÍNTESIS. LOS PROCEDIMIENTOS GEOMORFOLÓGICOS COMO BASE DE LOS MÉTODOS FISIGRÁFICOS

Independientemente de su objetivo final, los métodos de clasificación y evaluación territorial pueden agruparse en: 1) fisiográficos, si establecen inicialmente unidades territoriales de conjunto (homogéneas), las cuales son posteriormente evaluadas; 2) paramétricos, si definen el medio a partir de unos elementos o componentes principales (mapas temáticos) con los cuales se realizan las evaluaciones.

El excesivo número de procedimientos que aparecen descritos en la literatura, contrasta con la escasa variación metodológica; en realidad, la mayor parte de los métodos fisiográficos

siguen o se basan en el sistema CSIRO (Christian, 1958; Christian y Stewart, 1968), y los paramétricos en McHarg (1969).

Las primeras metodologías ‘integradas’ fueron fisiográficas, y nacieron con fines académicos y de investigación; es decir, para conocer las características del medio y explicar las actividades humanas en relación con él. Posteriormente su aplicación se dirigió a la exploración de extensas áreas, en su mayoría mal conocidas y deshabitadas, al objeto de un mayor aprovechamiento de los recursos naturales. En efecto, las metodologías fisiográficas se han aplicado sobre todo en trabajos de desarrollo regional, normalmente en la prospección de territorios amplios y con un escaso grado de transformación; para esos objetivos se han mostrado empíricamente útiles.

Pero el enfoque integrado que requerían los estudios ambientales de la segunda mitad del siglo XX, hizo que los procedimientos fisiográficos se reconvirtieran ante las nuevas demandas en planificación territorial. Para este objetivo, las metodologías empleadas son similares a las llevadas a cabo para desarrollo regional, sólo que ahora las capacidades —en estos trabajos se valoraban ante todo las aptitudes del territorio— se complementan con fragilidades o limitaciones; la prioridad ya no es la producción o el desarrollo únicamente, sino que se concede gran importancia a la conservación. Las cualidades más importantes de estos métodos fisiográficos son su gran ‘realismo’ territorial, y la posibilidad de clasificar el medio a diferentes niveles de detalle (jerarquías territoriales).

Los métodos paramétricos surgieron sobre todo en el contexto de la planificación territorial ecológica o integrada. El estudio de las características del territorio ya no parte de la delimitación de unas unidades previas, como hacían los fisiográficos; aquí se realiza un inventario del medio físico, unas evaluaciones parciales en función de los objetivos sectoriales, y una integración final en unidades de síntesis o referencia. Se trata de métodos con grandes posibilidades en estudios ambientales, al permitir el manejo de una enorme cantidad de información susceptible a su vez de ser cuantificada.

En definitiva: en los estudios integrados siguiendo procedimientos ‘fisiográficos’, las unidades de actuación se delimitan en base a criterios que, mayoritariamente, responden a la evolución histórico-natural del territorio problema; incluido el hombre y sus actuaciones, como un ‘componente’ más. Por este motivo es más adecuado definir los denominados ‘usos vocacionales’ siguiendo estos métodos, ya que trabajan con la potencialidad ‘natural’ del territorio. Además permiten combinarse con técnicas paramétricas puesto que, a partir de un cierto nivel de detalle asumen que los problemas del espacio donde se localizan y los parámetros implicados sólo pueden abordarse mediante análisis temáticos integrados. Dados el tipo, jerarquía, y escala espacial de los conflictos ecológicos actuales, entendemos que los procedimientos fisiográficos deben ser revitalizados si se quiere llegar a un desarrollo integral de la planificación.

En la breve revisión sobre estudios integrados llevada a cabo en el capítulo 2, quedó manifiesto cómo los denominados procedimientos fisiográficos presentaban una serie de cualidades para ser utilizados en planificación integrada: la posibilidad de establecer clasificaciones del territorio a distintos niveles (jerarquías), y la consideración de las unidades como resultado de una historia natural. En este capítulo realizamos un análisis más detallado de los mismos, tratando de remarcar sus bases geomorfológicas.

3.1. EL OBJETO DE CLASIFICACIÓN

En la práctica es difícil encontrar un único modelo que exprese sintéticamente el conjunto de factores del medio físico que configuran la superficie terrestre; entre otras causas porque los intentos han surgido desde escuelas y disciplinas muy diferentes. Ollier (1977) y González Bernáldez (1981) se han hecho eco de las polémicas surgidas al respecto que, en síntesis, pueden resumirse en: críticas vertidas hacia los ecólogos por profesionales y científicos más ligados a las Ciencias de la Tierra al estimar que no consideraban adecuadamente los aspectos abióticos, y críticas de los últimos a los primeros por entender que no han tratado en modo suficiente las características biológicas en sus estudios territoriales; críticas también procedentes de profesionales ligados a la Geografía, quienes han reprochado a los anteriores la deficiente consideración de los usos antrópicos en las regionalizaciones. Así, en las clasificaciones fisiográficas es posible encontrar un amplio conjunto de caracteres territoriales, con un significado más o menos sistémico (cuadro 3.1).

3.2. CARÁCTER CIENTÍFICO Y APLICADO

Aun cuando resulte obvio, es preciso señalar que la superficie terrestre constituye un objeto de interés múltiple y son muchas las ciencias que abordan su estudio. Así han surgido múltiples métodos para clasificarla, si bien todos ellos pueden resumirse en los siguientes:

- Descriptivos. Cualifican los elementos o unidades diferenciadas en base a sus atributos evidentes; en general por su 'aspecto externo'. En el caso del relieve, dicho aspecto es su configuración geométrica, morfografía o fisonomía.

- Genéticos. Cualifican los elementos o unidades diferenciadas en base a atributos deducidos; el proceso deductivo se realiza mediante un método analítico o ciencia. En el caso del relieve, dicha ciencia es la Geomorfología.
- Mixtos. Son un híbrido entre descriptivas y genéticas; parte de los atributos son evidentes y parte son deducidos, lo cual depende de la escala de aproximación al conjunto clasificado. Por ejemplo, para el relieve las grandes unidades morfoestructurales son descriptivas y los elementos de detalle son deducidos.
- Globalizadores. Tratan de asociar el mayor número de elementos en base al establecimiento de relaciones generales. Por ejemplo, los modelos histórico-evolutivos del relieve.
- Temáticos o sectoriales. Se centran en un elemento específico, al que dan prioridad por considerarlo dominante, significativo, o indicador, y tratan de establecer relaciones parciales. Por ejemplo, clasificaciones climáticas, edáficas, morfogenéticas, etc.
- Sintéticos. Son un híbrido entre las clasificaciones globalizadoras y las temáticas: partiendo de las relaciones parciales de uno o varios elementos específicos, tratan de llegar a relaciones de carácter general. Esto puede hacerse, bien mediante una integración progresiva, bien mediante la selección de un elemento guía o significativo que propicia la síntesis de todos los componentes.
- Metodológicos. Abordan la estructura y contenido de la clasificación, es decir: niveles a definir, parámetros que deben considerarse al establecer cada rango, jerarquías, etc. En estos casos, el excesivo peso otorgado a las cuestiones intrínsecas de la clasificación las aleja de su aplicabilidad y las introduce de lleno en las investigaciones básicas.
- Funcionales. Tienen en cuenta las propiedades parciales intrínsecas de los componentes y su cualidad o adecuación para unos fines prefijados.

En principio, una clasificación fisiográfica es: descriptiva, a veces mixta, globalizadora, sintética, y funcional.

3.2.1. Bases conceptuales y metodológicas

La Fisiografía se consideró ligada a las Ciencias de la Tierra y así lo señala uno de sus primeros cultivadores: *"La Fisiografía es la ciencia que trata la superficie de la tierra. Es por tanto una parte esencial de la más extensa ciencia geológica, la cual trata la corteza terrestre en todos sus aspectos."* (Fenneman, 1916: 22). Desde esta perspectiva, las formas de la superficie terrestre se explican por su estructura, proceso y estado evolutivo; es decir, siguiendo la metodología analítica 'davisiana'. Sin embargo, el sistema de relaciones que liga

a las formas del terreno con los restantes elementos del territorio introduce a la Fisiografía en el campo de las relaciones globales de la superficie terrestre, es decir geográficas.

Ambos enfoques representan, en cierto modo, el fenotipo y el genotipo (Allen y Starr, 1982), o el fenosistema y el criptosistema (González Bernáldez, 1981). En base a esta tesis, Pedraza *et al.* (1996a) consideran que las clasificaciones del relieve siguiendo un método fisiográfico (o clasificaciones fisiográficas) son una síntesis entre la 'vía geográfica' y la 'vía geológica'; es decir: entre lo estrictamente configuracional y lo estrictamente genético (figura 3.1)

Cuadro 3.1. Diferentes complejos territoriales definidos por las clasificaciones fisiográficas (el término 'unidad' tiene aquí un sentido genérico).

unidad geomorfológica, unidad morfológica, relieve (<i>landform, geomorphological unit, facet</i>)	Definida en base a criterios geológicos (litológicos y estructurales), y morfogenéticos, resultado de la actuación de los diferentes procesos geomorfológicos (actuales y pasados) sobre un sustrato. Se considera síntesis de las características territoriales, y por tanto suele ser la unidad de partida en la mayor parte de las clasificaciones. Muy utilizada en el ámbito anglosajón (Godfrey y Cleaves, 1991)
unidad de terreno, terreno (<i>terrain unit, terrain</i>)	Complejo abiótico más próximo a la superficie terrestre. Tiene también un significado eminentemente geológico-geomorfológico, muy cercano a objetivos de ingeniería y geotecnia (sistema sustrato-alterita-suelo); su utilización está más ligada a las Ciencias de la Tierra en los ámbitos anglosajones (Way, 1973; Mitchell, 1991)
unidad pedonomórfica o morfoedáfica (<i>pedonomorphic unit</i>)	Significado próximo a 'unidad de terreno', pero mejor caracterizada en términos edáficos. En realidad, se trata de una clasificación edáfica una perspectiva geológico-geomorfológica; desde este punto de vista, las clasificaciones en Ciencias de la Tierra presentan una mayor relación con aplicaciones agronómicas, forestales y ecológicas (Veatch, 1937)
unidad territorial, territorio (<i>land unit, land</i>)	Término con significado muy amplio, de carácter integral o de conjunto: área de la superficie terrestre que incluye sustrato, relieve, suelo, comunidades biológicas, y usos del suelo
unidad fisiográfica (<i>physiographic unit</i>)	Tiene un significado muy próximo al de 'unidad territorial', pero con un matiz más 'perceptivo'
unidad ecológica, ecosistema (<i>ecological unit, ecosystem</i>)	En principio designaba una unidad sistémica que consideraba la interacción entre los factores físicos (abióticos) y bióticos del medio (Tansley, 1935). Sin embargo, en la práctica se ha utilizado en un sentido biológico
geosistema (<i>géosystème</i>)	Definido por Sochava (1963) con el objeto de ofrecer una visión más equilibrada entre el medio físico y el biológico, habida cuenta del sesgo biótico que había tomado el concepto de 'ecosistema'
unidad ambiental (<i>environmental land unit</i>)	Parcela de territorio dentro de la cual la totalidad de los factores del medio, incluidos los usos antrópicos y los perceptivos, son homogéneos (González Bernáldez <i>et al.</i> , 1973)
unidad de paisaje, paisaje (<i>landscape unit, landscape, paysage, landschaft</i>)	Presenta dos significados distintos: uno eminentemente sistémico, como sistema o conjunto de elementos de un territorio ligados por una serie de relaciones (definición próxima a geosistema); y, de forma más extendida, en un sentido 'estético', 'visual' o 'perceptivo' (González Bernáldez, 1981)
unidad geográfica (<i>geographical unit</i>)	Conjunto territorial que agrupa aspectos de los medios abiótico, biótico, histórico y socioeconómico

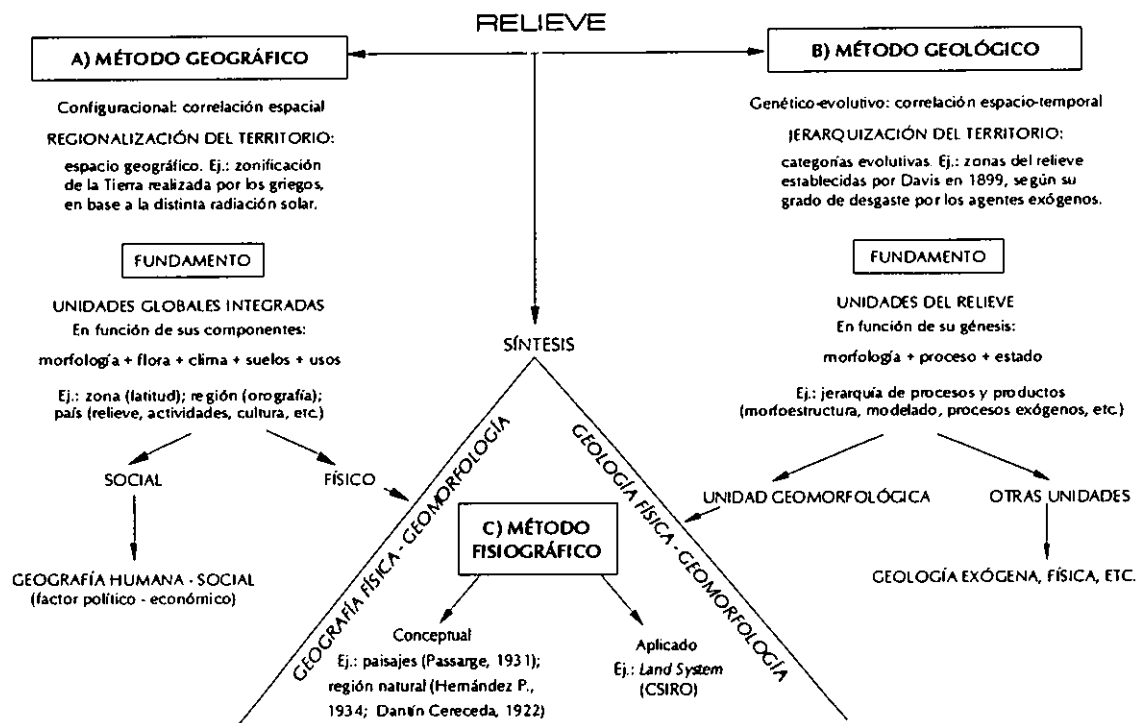


Figura 3.1. Métodos de clasificación fisiográfica del relieve, según criterios configuracionales y genéticos (en Pedraza et al., 1996a).

Las clasificaciones del relieve siguiendo una 'vía geográfica', dan prioridad a los aspectos configuracionales del mismo y delimitan unidades en base a las relaciones de posición entre todos los elementos o componentes del medio (clima, sustrato, morfología, hidrología, suelos, vegetación, incluso actividades antrópicas). Las porciones así definidas se denominan 'regiones', 'comarcas', y más recientemente 'geosistemas' o 'paisajes'. Ejemplos de clasificaciones geográficas podemos encontrarlos en: Herbertson (1905), Joerg (1914), Vinogradov *et al.* (1962), Bertrand (1968), Sochava (1974), o Martínez de Pisón (1977).

Wright (1972) ha criticado los métodos geográficos por entender que no producen clasificaciones en sentido estricto, ya que las clases que definen suelen considerar patrones recurrentes de relieve, suelo y vegetación, por lo que constituyen más bien una suma que una síntesis. Existe por tanto una escasa consideración acerca del 'individuo taxonómico', pues en realidad se diferencian 'complejos ambientales', más que elementos fisiográficos o geomorfológicos (Wright, *op. cit.*). Otra crítica que se les ha hecho es la utilización de diferentes elementos del medio como criterio para separar cada nivel jerárquico.

Las clasificaciones del relieve siguiendo la 'vía geológica', delimitan unidades mediante la asociación de formas del terreno según las interrelaciones mutuas entre agentes de la dinámica terrestre y las configuraciones presentes en el relieve. Ejemplo de ellas podemos encontrar en: Powell (1895), Fenneman (1916, 1928), Wooldridge (1932), Linton (1951), Godfrey (1977), Pedraza (1978), Van Zuidam y Van Zuidam (1979), Sayago (1982) o Godfrey y Cleaves (1991).

Realmente se cartografían unidades geológico-morfológicas, y se establecen patrones de relación con los otros parámetros del medio físico, pero éstos no se incluyen en la clasificación; es decir: utilizan los restantes atributos del medio (hidrología, suelos, vegetación, etc.) como descriptores de las unidades, pero no como definitorios de las mismas. La crítica que puede hacerse a este tipo de clasificaciones es que son excesivamente especializadas, particularizando en exceso los parámetros genético-evolutivos de las formas del terreno. Siendo muy aptas para la investigación básica en Geomorfología, resulta difícil establecer relaciones globales a partir de ellas, y por tanto su aplicación directa queda limitada.

En suma, una clasificación fisiográfica de la superficie terrestre debe basarse tanto en los aspectos configuracionales como genéticos del relieve. El peso de cada uno de esos atributos depende de la categoría o nivel jerárquico: en las unidades globales prima lo configuracional, en las particulares lo genético; lo primero posibilita las relaciones globales de distribución y asociación en la superficie terrestre (correlaciones geográficas), lo segundo posibilita relaciones particulares a nivel genético-evolutivo (correlaciones histórico-evolutivas o geológicas).

3.2.2. Aplicación

Desde una perspectiva funcional, las clasificaciones fisiográficas tratan de delimitar porciones homogéneas que se supone van a tener un comportamiento uniforme ante su uso por parte del hombre (Ramos *et al.*, 1979; Garzón, 1989).

Se trata en definitiva de reconocer unidades con un carácter sintético o sistémico (integrado), desde una óptica eminentemente aplicada. La forma más común de proceder en estas metodologías es la siguiente: inicialmente se diferencia la unidad a partir de fotografía aérea, y después se lleva a cabo su caracterización mediante trabajos de campo y laboratorio; dicha información suele quedar reflejada en una ficha descriptiva para cada unidad, en la que se definen los elementos o características ambientales (suelos, hidrología, vegetación, etc.); posteriormente se procede a su evaluación en términos intrínsecos o para un fin concreto.

Mitchell (1991) hace un tratamiento de los métodos de clasificación y evaluación territorial en función de su aplicación, señalando que este tipo de estudios deberían tener una perspectiva de conjunto; sin embargo en la práctica se han llevado a cabo para fines concretos, como por ejemplo:

- Edafología, Agricultura y Recursos Forestales

Constituyen los primeros estudios con carácter integrado, aplicados al desarrollo regional y a la mejora de los recursos agrícolas y forestales: Bourne (1931), Veatch (1933, 1937), Christian y Stewart (1968), FAO (1976).

- Ingeniería

La importancia de las condiciones del terreno para la ingeniería ha sido reconocida desde los orígenes de estas técnicas. El método más conocido de los desarrollados específicamente con fines ingenieriles es el sistema PUCE: *Pattern, Unit, Component, Evaluation* (Aitchison y Grant, 1967, 1968).

- Objetivos militares

La evaluación de las características del terreno con fines estratégicos también ha sido utilizada con frecuencia (defensa, geotecnia, movilidad de vehículos, etc.). El sistema más conocido es el desarrollado por el Oxford-MEXE (Beckett y Webster, 1965; Brink *et al.*, 1966).

- Planificación territorial

Muchos de los sistemas tradicionales aplicados para agricultura, ingeniería, etc., derivaron recientemente hacia los estudios de planificación territorial. Éste es el caso de los trabajos de: Hills (1961), Godfrey (1977), Sayago (1982), Grant (1982), Bailey (1983), Bailey *et al.* (1985), o Godfrey y Cleaves (1991).

- Valoración estética del paisaje

También aquí los estudios tradicionales, antaño orientados a objetivos de desarrollo, se adaptan ahora a lo que empieza a ser una demanda relevante: los estudios sobre calidad visual o estética del paisaje. Éste es el caso, por ejemplo, de la metodología PUCE transformada recientemente para evaluar la calidad del paisaje (Arnot y Grant, 1981).

- Otras aplicaciones

En realidad el espectro de aplicaciones de las clasificaciones territoriales es realmente amplio y, aparte de las señaladas, destacan sus aportaciones en estudios arqueológicos, hidrológicos, botánicos, o prospección de recursos naturales (ver Mitchell, 1991).

3.3. TIPOS DE CLASIFICACIONES: RESUMEN GENERAL

Las clasificaciones fisiográficas, o así denominadas por sus autores, son múltiples; en realidad casi tantas como escuelas o contextos académicos, por lo cual resulta muy difícil su estructuración en base a una metodología común. A pesar de lo anterior, aquí presentamos una agrupación de las mismas (cuadro 3.2), incluidas las españolas, para lo cual se han tenido en cuenta los siguientes criterios: objetivo, finalidad, procedimiento, escala, objeto de clasificación, unidad básica, y disciplina científica de donde proceden sus autores. Por otro lado, también se lleva a cabo un intento de correlación entre las categorías establecidas por diferentes clasificaciones (tabla 3.1).

Cuadro 3.2. Principales técnicas de clasificación y evaluación territorial por procedimientos fisiográficos, agrupadas según su metodología y finalidad. Basado en Crofts (1974).

	REGIONALIZACIONES GEOMORFOLÓGICAS	REGIONALIZACIONES GEOGRÁFICAS	PRIMEROS ESTUDIOS INTEGRADOS APLICADOS	CLASIFICACIONES MORFOGENÉTICAS
OBJETIVO	Definición de grandes regiones fisiográficas (geomorfológicas)	Clasificar la superficie terrestre desde una perspectiva integrada	Clasificación y evaluación de terrenos con objetivos ecológicos y forestales	Clasificación de las formas del relieve por su origen (mapa geomorfológico)
FINALIDAD	Académica y científica Aplicada subsidiariamente	Académica y científica	Agronómica y forestal	Académica Aplicabilidad indirecta
PROCEDIMIENTO	Síntesis a partir de información geológica y geomorfológica	Recopilación de información climática y geológica a pequeña escala	Reconocimiento e interpretación de unidades integradas partir de fotografías aéreas	Interpretación de fotografías aéreas Trabajo de campo Trabajo de gabinete
ESCALA	Continental a regional	Continental	Local y comarcal	Local
OBJETO DE CLASIFICACIÓN	Geología Geomorfología	Superficie terrestre	Territorio Suelo	Relieve (<i>landform</i>)
UNIDAD BÁSICA	Divisiones fisiográficas, unidades geomorfológicas	<i>Natural regions</i>	<i>Site</i> <i>Feature</i> <i>Land type</i>	Elementos y unidades geomorfológicos
DISCIPLINA	Geología Geografía Física	Geografía	Ecología forestal Edafología	Geomorfología
REFERENCIAS	- Powell (1895) - Davis (1899a) - Bowman (1911) - Fenneman (1916, 1928) - Dantín Cereceda (1922) - Hernández-Pacheco (1934a) - Pedraza (1978)	- Herbertson (1905) - Joerg (1914)	- Unstead (1916, 1933) - Robinson (1929) - Bourne (1931) - Veatch (1933, 1937) - Milne (1935)	- Klimaszewsky (1956) - Tricart (1965) - Verstappen y Van Zuidam (1968) - CNRS (1970) - Demek (1972)

	CLASIFICACIONES MORFOLÓGICAS	CLASIFICACIONES Y EVALUACIONES DE TERRENOS	ESTUDIOS Y ANÁLISIS DEL PAISAJE	CLASIFICACIONES APLICADAS A PLANIFICACIÓN TERRITORIAL
OBJETIVO	Clasificación del relieve en base a su morfología; en casos, también por su génesis	Clasificación y evaluación del conjunto territorial más próximo a la superficie terrestre	Clasificación del paisaje, como síntesis del territorio o medio	Evaluación de capacidades y limitaciones de unidades territoriales sistémicas
FINALIDAD	Académica y docente Aplicada	Desarrollo regional Ingeniería Militar	Académica y aplicada	Planificación de diferentes usos en el territorio (<i>land use planning</i>)
PROCEDIMIENTO	Fotografía aérea Análisis del mapa topográfico Trabajos de campo	Reconocimiento de patrones de relieve a partir de fotografía aérea y satélite (militar) y chequeo en campo para definir unidades integradas	Fotografía aérea y chequeo en campo	Fotografía aérea y SIG Trabajos de campo y gabinete
ESCALA	Local; continental*	Local a regional	Escalas completas	Local a regional
OBJETO DE CLASIFICACIÓN	Relieve (<i>landform</i>)	Territorio Terreno	Paisaje	Relieve Territorio
UNIDAD BÁSICA	<i>Facet</i>	<i>Land system</i> <i>Land facet</i> <i>Terrain unit</i>	Geotopo <i>Urochishche</i>	Unidad fisiográfica, ecológica, ambiental
DISCIPLINA	Geografía Geomorfología	Equipos multidisciplinarios Ciencias de la Tierra	Geografía	Ingenierías Ciencias de la Tierra Ecología
REFERENCIAS	- Wooldridge (1932) - Linton (1951) - Hammond (1954)* - Waters (1958) - Savigear (1965) - Dalrymple <i>et al.</i> (1968)	- Christian (1958) - Beckett y Webster (1965) - Brink <i>et al.</i> (1966) - Aitchison y Grant (1967) - Christian y Stewart (1968)	- Vinogradov <i>et al.</i> (1962) - Neef (1963) - Haase (1964) - Bertrand (1968) - Sochava (1974) - M. de Pisón (1977) - Bolós (1992)	- Hills (1961) - G. Bernáldez <i>et al.</i> (1973) - Tricart (1973) - Crofts (1974) - Godfrey (1977) - Laut <i>et al.</i> (1977) - Tricart y Kilian (1979) - V.Z y Van Zuidam (1979) - Arnot y Grant (1981) - Sayago (1982) - Howard y Mitchell (1985) - Cendrero y D. de Terán (1987) - Godfrey y Cleaves (1991)

Tabla 3.1. Categorías definidas por las diferentes clasificaciones fisiográficas; (1) Escala más común de representación; (2) Magnitud aproximada de cada unidad.
(a) Escuelas anglosajonas.

CLASIFICACIONES	(1)	< 1:20.000.000	≥ 1:20.000.000	≥ 1:5.000.000	≥ 1:2.000.000	≥ 1: 500.000	≥ 1:100.000	≥ 1:25.000
	(2)	10 ⁶ km ²	10 ⁵ km ²	10 ⁴ km ²	10 ³ km ²	10 ² km ²	1-10 km ²	10 ⁻² km ²
Powell (1895)				Physiographical region				
Davis (1899a)				Physical division				
Bowman (1911)				Physiographical province				
Herbertson (1905)		Natural region						
Fenneman (1916, 1928)			Major division	Province	Section / region	District		
Unstead (1916, 1933)		Major region	Minor region	Subregion	Tract group	Tract	Stow	Feature
Bourne (1931)							Region	Site
Wooldridge (1932)								Facet
Milne (1935)							Catena	
Veatch (1937)							Land type	
Linton (1951)			Division	Province	Section	Tract	Stow	Site
Waters (1958); Savigear (1965)								Facet
Christian y Stewart (1968)						Land system	Land unit	Site
Hills (1961)					Zone	Subzone	Physiographic class	Physiographic type
Beckett y Webster (1965)					Land region	Land system	Land facet	Land element
Brink <i>et al.</i> (1966)		Land zone	Land division	Land province	Land region	Land system	Land facet	Land element
Aitchison y Grant (1967)				Terrain province		Terrain pattern	Terrain unit	Terrain component
Dalrymple <i>et al.</i> (1968)								Land surface unit
Lacate (1969)					Land region	Land district	Land system	Land type
Godfrey (1977)				Province	Section	Subsection	Land type	Topographic element
Van Zuidam y Van Zuidam (1979)				Geomorphological province		Main geomorphological unit	Geomorphological unit	Geomorphological detail
Sayago (1982)				Provincia geomorfológica	Región geomorfológica	Asociación geomorfológica	Unidad geomorfológica	Elemento geomorfológico
Bailey (1983)		Domain	Division	Provinces	Section			
Godfrey y Cleaves (1991)		Realm	Major division	Province	Section / region	District	Area	Zone

Tabla 3.1. (continuación). (b) Escuelas centroeuropeas y de Europa del Este.

CLASIFICACIONES	(1)	< 1:20.000.000	≥ 1:20.000.000	≥ 1:5.000.000	≥ 1:2.000.000	≥ 1:500.000	≥ 1:100.000	≥ 1:25.000
	(2)	10 ⁶ km ²	10 ⁵ km ²	10 ⁴ km ²	10 ³ km ²	10 ² km ²	1-10 km ²	10 ⁻² km ²
Dokuchaev (1899)				Landscape zone				
Vinogradov <i>et al.</i> (1962)	Zone		Subzone	Provinz	Landschaft	Mestnost	Urochishche	Facies
Neef (1963)	Geosphere		Georegion	Megachore	Makrochore	Mesochore	Mikrochore	
Haase (1964)					Makrochore	Mesochore	Mikrochore	
Bertrand (1968)			Zona	Dominio	Región natural	Geosistema	Geofacies	Geotopo
Pecsi y Somogyi (1969)	Geozone		Subcontinent	Megaregion	Macroregion	Mesoregion	Microregion	Ecological facies
			Geomorphological system	Geomorphological macroarea/megaarea	Geomorphological macroregion	Geomorphological mesoregion	Geomorphological microregion	Morphofacies
Sochava (1974)	Kontinente		Zone	Provinz	Landschaft			

Tabla 3.1. (continuación). (c) Clasificaciones y regionalizaciones en España.

CLASIFICACIONES	(1)	< 1:2.000.000	≥ 1:2.000.000	≥ 1:500.000	≥ 1:100.000	≥ 1:25.000
	(2)	10 ⁴ km ²	10 ³ km ²	10 ² km ²	1-10 km ²	10 ⁻² km ²
Dantín Cereceda (1922)			Región natural	Comarca natural		
Hernández-Pacheco (1934a, 1955-56)	País o zona fisiográfica		Región natural	Comarca natural		
Unstead (1926)			Región geográfica			
González Bernáldez <i>et al.</i> (1973)					Unidad ambiental	
Martínez de Pisón (1977)	Grandes regiones naturales		Unidad fisiográfica	Comarca	Unidad menor	
Pedraza (1978)	Conjunto geológico		Conjunto geomorfológico (o.s.)	Conjunto geomorfológico (o.i.)	Unidad geomorfológica	Elemento geomorfológico
Pedraza y Garzón (1978)	Conjunto geológico			Domínio del relieve		Elemento del relieve
Cabra <i>et al.</i> (1983)					Sistema geológico-morfofenético	Unidad morfológica
Moreno Sanz y Sanz Donaire (1983)				Comarcas geomorfológicas		
Gallardo y Pérez González (1983)			Unidad geológico-estructural	Región fisiográfica		
Boluda <i>et al.</i> (1984)			Sistema de paisaje	Patrón de paisaje	Unidad de paisaje	
Cendrero y Díaz de Terán (1987)			Ambiente morfodinámico	Sistema morfodinámico	Unidad morfodinámica	Elemento morfodinámico
Ibáñez <i>et al.</i> (1987)			Geosistema	Morfosistema	Ecotopo potencial	Ecotopo real
C. León (ref. Pedraza y Garzón, 1978)	Región estructural		Provincia geomorfológica	Terreno tipo	Unidad geomorfológica	Forma elemental

3.4. EJEMPLOS DE MÉTODOS FISIOGRÁFICOS O SIMILARES APLICADOS EN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

Del conjunto de procedimientos recogidos en el cuadro 3.2, interesan aquí aquéllos más relacionados con los ámbitos de Ciencias de la Tierra, y que a su vez tengan una propuesta o estructura en forma de método aplicado a la planificación territorial. Esos procedimientos presentan dos fases bien definidas: clasificación y evaluación-diagnóstico territorial.

- *El método para planificación de áreas forestales en Canadá*

Se trata de la primera transformación que sufriera la metodología CSIRO (Hills, 1961) para su aplicación en planeamiento territorial en sentido genérico, de modo que puede considerarse pionera. En su desarrollo incluye tanto la clasificación del territorio, como la evaluación de las unidades obtenidas según su potencialidad para usos múltiples, alternativos o combinados, y bajo diferentes niveles o condiciones de ordenación.

La clasificación establece las siguientes categorías (de mayor a menor rango espacial): ‘zonas’ en base a criterios climáticos; ‘subzonas’ según caracteres geológicos-geomorfológicos; ‘clases fisiográficas’ introduciendo para ello propiedades edáficas; y ‘tipos totales’ considerando la vegetación (ver Ramos *et al.*, 1979).

La evaluación considera usos muy condicionados por la labor profesional del autor, dedicado a la planificación territorial en áreas forestales, así: agricultura, silvicultura, reservas naturales y recreo.

Para cada unidad menor (tipos o clases fisiográficas) se determina el uso potencial en términos de ‘capacidad’ (potencial productivo, aunque habitualmente se mide por el grado de ausencia de limitaciones para el desarrollo de la actividad), ‘adecuación’ (esfuerzo para poner en práctica el uso) y ‘viabilidad’ (grado de conveniencia en función de los condicionantes socioeconómicos vigentes). Por último se recomienda un uso determinado que, de ser compatible con otros, precisará definir las prioridades.

La clasificación está categorizada pero no jerarquizada en sentido estricto, en tanto no existen relaciones genéticas entre las diferentes unidades. Respecto a la evaluación, es un procedimiento ideal para zonas forestales; de hecho esa metodología fue extendida al conjunto de Canadá (Lacate, 1969; en Aguiló *et al.*, 1992). No es adecuada en cambio para un diagnóstico global o intrínseco del territorio.

- *Las unidades ambientales*

Los estudios llevados a cabo por González Bernáldez *et al.* (1973), son la base metodológica para la posterior elaboración del *Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia*

de Madrid (Gómez Orea, 1975). El trabajo parte una vez más de la metodología CSIRO, y realiza un procedimiento de clasificación y evaluación territorial que ha llegado a ser muy conocido y utilizado en nuestro país (ver también Díaz Pineda *et al.*, 1973).

La primera fase culmina con la delimitación de porciones territoriales homogéneas, obtenidas mediante la integración de parámetros del inventario. Dichas porciones se denominan ‘unidades ambientales’ y se definen por sus rasgos geomorfológicos y de vegetación, si bien aglutinan el conjunto de propiedades del medio físico; los primeros constituyen la síntesis de la gea (homogeneidad de relieve, litología, hidrología, suelos, procesos, etc.), y los tipos de vegetación sintetizan las características bióticas, y los usos del suelo (productividad, comunidades animales y vegetales, etc). Esta homogeneidad respecto a ambos factores implica también la perceptiva, y por ende paisajística, constituyendo la parte visible del ecosistema o ‘fenosistema’ (Díaz Pineda *et al.*, 1973).

Las unidades ambientales no son el resultado de la simple superposición de información vectorial, sino que proceden de un trabajo progresivo e integrado: primero se estudian las características de la gea, sobre las que se superpone la información de suelos, la vegetación y las biocenosis animales. Resultan así zonas homogéneas desde el punto de vista físico y biológico, dado que existe una pauta repetitiva en los parámetros implicados (topografía, suelos, y vegetación), que sirve como síntesis de los caracteres más notables obtenidos de los análisis temáticos. Para cada unidad ambiental se elabora una ficha descriptiva, que sintetiza sus atributos naturales más destacables.

La fase de evaluación simula el comportamiento de las diferentes unidades ambientales (propiedades de conservación, esparcimiento, productividad, valores culturales y estéticos, contaminación, erosionabilidad) ante varios usos hipotéticos. Se trata de un análisis mediante matrices de impactos, que describen el cambio de valor frente a los usos supuestos: cada unidad tiene inicialmente un valor (V_a) —que se supone es resultado de los componentes de ese vector (V_i) o distintos aspectos de la calidad ambiental (culturales, estéticos, de conservación, etc.)—, el cual resulta modificado al simular una serie de actuaciones.

Según su respuesta, las unidades ambientales se agrupan en conjuntos que presentan un comportamiento similar, denominados ‘áreas de diagnóstico’; éstas se clasifican mediante criterios ecológicos, estético-culturales, y de productividad. Sobre cada área de diagnóstico se asignan finalmente unos niveles de uso recomendables, así como unas limitaciones de uso.

En resumen, el método se aproxima mucho a los procedimientos paramétricos, puesto que define información temática de partida; sin embargo, la integración de esos contenidos se lleva a cabo de forma progresiva y razonada. La clasificación no define categorías diferentes, y por tanto tampoco está jerarquizada. Es ideal para trabajos a escalas medias y detalladas, y más limitado para grandes extensiones.

- El mapa geomorfológico con fines aplicados en Escocia

Los trabajos de Crofts (1974), constituyen un buen ejemplo de transformación de un mapa geomorfológico en otros útiles para planificación. El objetivo de esta transformación es simplificar la información geomorfológica para su uso por profesionales no especialistas en esta ciencia. El tipo y nivel de transformación debe de ser aquél que requieran los objetivos y la escala del mapa: propiedades ingenieriles de los materiales, condiciones hidrológicas, características edáficas, etc.

Crofts (*op. cit.*) parte de un mapa geomorfológico detallado, que contiene la información habitual de este tipo de documentos (morfográfica, morfogenética, y morfodinámica) completada mediante datos acerca de la litología y la estructura. La complicación que surge al intentar mezclar datos genéticos y descriptivos, se resuelve mediante la separación conveniente de dicha información en dos mapas: uno refleja las propiedades exclusivamente interpretativas o genético-cronológicas; el otro, aquéllas útiles para su aplicabilidad.

El procedimiento concreto asimila las unidades morfogenéticas (símbolos) a polígonos, conservando su homogeneidad genética, de materiales (litología), y de morfología; en definitiva, se trata de sustituir símbolos por áreas. Una vez realizado ese cambio, obtiene los siguientes mapas derivados:

- a) A partir del mapa inicial, puede elaborarse otro más claro, que hace hincapié únicamente en la génesis y evolución del relieve (relaciones proceso-tiempo-espacio).
- b) Mapas de clasificación territorial como base para su posterior evaluación.
- c) Obtención de mapas de carácter aplicado, tales como: evaluación de recursos (hídricos, edáficos, minerales y rocas, etc.); de riesgos (inundabilidad, procesos gravitacionales, etc.); de limitaciones ingenieriles y de construcción; etc.

Finalmente, con toda esta información se procede a realizar la evaluación territorial, obteniendo mapas de potencialidad, capacidad, vulnerabilidad, limitaciones, etc., para diferentes usos.

Así pues, este trabajo confirma la validez del mapa geomorfológico para usos aplicados, mediante sencillas transformaciones. Trabaja a escalas estandarizadas, y por tanto no presenta una jerarquía de unidades; por último, la evaluación es tanto intrínseca (valoración) como en función de los objetivos (evaluación s.s.).

- Los trabajos geomorfológicos para planificación territorial en Francia

En 1973 Tricart proponía una metodología para el estudio del medio natural enfocado a la planificación y, en ella la intervención geomorfológica (información morfogenética) se

consideraba decisiva. Con respecto a otras metodologías, introduce dos aspectos novedosos: el estudio de las actividades antrópicas y de su influencia en la dinámica natural; y la elaboración de un diagnóstico según el 'grado de estabilidad morfodinámica' a partir del análisis de los sistemas morfogenéticos y la interferencia antrópica.

En base a las necesidades del ordenamiento ecológico, y siguiendo parcialmente los conceptos de 'biostasia' y 'rextasia' de Erhart (1956), Tricart y Kilian (1979) proponen una clasificación del medio natural en términos de estabilidad. Para estos autores la planificación y gestión territorial consisten en la sustitución de una dinámica del territorio por otra, y sostienen por tanto que es clave distinguir el grado de estabilidad de los sistemas. Por ello diferencian:

- Medios estables. Se caracterizan por unos sistemas morfogenéticos donde la meteorización química es dominante, y por tanto el balance morfogénesis-edafoogénesis es completamente favorable al segundo. Se corresponden con los estadios de 'biostasia' de Erhart (1956).
- Medios inestables. El balance morfogénesis-edafoogénesis se decanta de manera muy pronunciada en favor de la morfogénesis, hasta el punto de ser el elemento predominante de la dinámica natural. Corresponderían al estadio de 'rextasia' de Erhart (1956).
- Medios integrados. Forman un continuo entre los dos anteriores. Se caracterizan por una interferencia entre la edafoogénesis y la morfogénesis sin que domine claramente ninguno de los dos procesos. Se trata, por tanto, de los medios donde el ordenamiento es más delicado y decisivo.

Normalmente estas situaciones aparecen en forma de mosaico heterogéneo en territorios donde se asocian áreas cuya dinámica es muy contrastada. La importancia del ordenamiento de las actividades humanas en estas zonas (agrarias, forestales, infraestructuras, etc.) es decisiva, precisamente porque puede modificar la tendencia en uno u otro sentido.

El conjunto de documentos propuesto por estos autores incluye la elaboración de: cartografía y diagnóstico morfoedáficos; cartografía hidromorfológica; mapa de presiones o limitaciones de uso (edáficos, morfodinámicos o hídricos); mapa de propuestas de ordenamiento.

Este método presenta la limitación de no ser un sistema jerarquizado ni categorizado de clasificación. Por contra, el diagnóstico del territorio en 'grados de estabilidad' puede considerarse una verdadera evaluación de carácter geomorfológico.

- El sistema holandés del ITC

Este método (Van Zuidam y Van Zuidam, 1979) utiliza la fotointerpretación para la obtención directa de unidades morfogenéticas con diferente categoría que, de mayor a menor rango, son:

‘provincias’, ‘sistemas’, y ‘unidades geomorfológicas’. En función de determinados parámetros o atributos (los que determine el objetivo del estudio o la investigación), las unidades pueden subdividirse en otras menores: elementos geomorfológicos (también denominados detalles o componentes), para cuya definición puede precisar muestreos paramétricos (mapas complementarios).

El proceso de evaluación comienza con la selección de características o propiedades del terreno relacionadas con el objetivo específico del estudio. Posteriormente se procede a la valoración de esas características en función de su aptitud o limitación para los objetivos propuestos (similar a los modelos de capacidad-impacto); desarrolla por tanto un procedimiento de evaluación estandarizado en planificación.

El método, polarizado hacia trabajos de ordenación y conservación, está diseñado con el objetivo de ser utilizable en cualquier parte del mundo y a diferentes escalas; puede considerarse sencillo y flexible, con una base geomorfológica.

- Métodos para planificación territorial del grupo de Geomorfología de la UCM

De un trabajo de investigación básica para la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama, surge un sistema de clasificación del relieve en niveles jerárquicos, aplicable al conjunto de la Península Ibérica (Pedraza, 1978). Las categorías que incluye son: conjuntos geológicos, conjuntos geomorfológicos de orden superior, conjuntos geomorfológicos de orden inferior, unidades geomorfológicas y elementos geomorfológicos; categorías que fueron precisadas en trabajos posteriores (Centeno, 1987; Pedraza *et al.*, 1996a), fundamentalmente en lo referente a los tipos de elementos.

En principio se trata de un método eminentemente teórico (clasificación geomorfológica con base génética y evolutiva), pero transformable para su uso en planificación territorial a diferentes niveles, desde escala suprarregional y regional (conjuntos geológicos y geomorfológicos) hasta local (elementos geomorfológicos).

Pedraza y Garzón (1978) describen las bases de su aplicabilidad al simplificar y reducir las categorías a tres: ‘conjuntos geológicos’, como unidades básicas para definir grandes regiones naturales; ‘dominios del relieve’, válidos a nivel comarcal; y ‘elementos del relieve’, útiles para las escalas local y de proyectos. Pedraza (1982) incide de nuevo en la aplicabilidad de esas unidades: propone la ‘unidad geomorfológica’ para la planificación básica de usos y los ‘conjuntos geomorfológicos de orden inferior’ como base para la definición de unidades fisiográficas.

En la aplicación real de esa clasificación a trabajos de planeamiento local y municipal (Garzón y Pedraza, 1977; Bartolomé *et al.*, 1980), las unidades de mayor rango se utilizan para la correlación del territorio desde un punto de vista regional; a nivel de gestión la unidad elegida

fueron los 'elementos geomorfológicos' (elementos del relieve, facetas morfológicas), definidos a escalas entre 1:25.000 y 1:10.000. En otros casos (Lafuente *et al.*, 1981), es la 'unidad geomorfológica' (dominios del relieve) la base para la propuesta de clasificación. En el *Mapa Fisiográfico de Madrid* (Pedraza *et al.*, 1986), se definen 'unidades fisiográficas' a escala 1:200.000 a partir de las 'unidades geomorfológicas' de Pedraza (1978), o los 'dominios del relieve' de Pedraza y Garzón (1978).

Los procedimientos de clasificación y evaluación posteriores siguen, en general, las pautas marcadas por el trabajo de González Bernáldez *et al.* (1973): las unidades geomorfológicas sirven como base para la definición de unidades ambientales, previa caracterización mediante fichas, tablas, etc. Dichas unidades son valoradas según su capacidad y limitación a diferentes usos (industria, vivienda, minería, agricultura, ganadería, forestal, ocio, etc.), en matrices de impactos (ver Bartolome *et al.*, 1980); a partir de su comportamiento se transforman en unas unidades de diagnóstico.

Como síntesis, se trata de un método jerarquizado que permite llevar a cabo una clasificación territorial progresiva desde un punto de vista espacial y geográfico, apto por tanto para trabajos científicos; su utilidad directa en planificación es aceptable para escalas pequeñas y medias, pero escasa en ámbitos locales y de gestión; presenta por tanto su mayor debilidad en la definición de categorías menores, y en su transformación como unidades básicas de actuación-gestión.

- Los trabajos de la CSIRO para planificación territorial en Australia

Los 'sistemas territoriales' de la CSIRO (Christian, 1958; Christian y Stewart, 1953, 1968) aplicados al desarrollo regional de extensas áreas del territorio australiano, prácticamente vírgenes hasta entonces, han tenido que adaptarse a nuevas demandas: planificación territorial, planificación urbana y conservación. La interpretación de las cualidades y procesos del medio, ahora está enfocada no sólo a un aprovechamiento de los recursos, sino también a comprender la degradación o estabilidad del territorio.

Con estos propósitos se han ampliado las cartografías hacia escalas más detalladas (Laut *et al.*, 1977; Christian, 1982); incluso han variado las metodologías aproximándose a la analítica o paramétrica, ya que el tratamiento informático ha permitido agilizar los trabajos y aumentar la capacidad de almacenamiento de la información. Otra variante del método, ha sido la incorporación de imágenes Landsat a la clasificación (Laut *et al.*, 1977; en Christian, 1982). La información de los originales *land system* se chequea, y las unidades se redefinen en base a las imágenes de satélite.

De mayor a menor, la nueva clasificación comprende las siguientes categorías: 'provincia ambiental', 'región ambiental', 'asociación ambiental', y 'unidad ambiental'. La definición de

unidades en cada nivel incluye geomorfología, clima, vegetación, usos del suelo, agua subterránea, agua superficial, suelo y características culturales.

Como ocurriera inicialmente, la definición de 'complejos ambientales' sigue impidiendo la construcción de una jerarquía coherente, en tanto los objetivos priman sobre el método. La utilización de la imagen de satélite a pequeña escala puede considerarse una aportación adecuada.

- La clasificación del relieve para planificación en Argentina

Sayago (1982) lleva a cabo un procedimiento de clasificación del relieve en la región de Tucumán (Argentina) basado en los trabajos de Laut *et al.* (1977) y, por tanto, combinando el uso de la fotografía aérea con la imagen de satélite. Define una escala cuyas categorías se utilizan como punto de partida para establecer unidades integradas (ambientales o de paisaje); de mayor a menor son: 'provincia geomorfológica', 'región geomorfológica', 'asociación geomorfológica', 'unidad geomorfológica' y 'elementos del relieve'.

La evaluación consiste en describir las características esenciales de cada unidad para la planificación territorial en sentido amplio (litología, relieve, agua, suelo, vegetación); esas propiedades se utilizan como base para establecer aptitudes o limitaciones: productividad agrícola, recursos hidrológicos, conservación de suelos, riesgos, espacios naturales, etc.

Como aspectos interesantes incluye un sistema de clasificación jerárquizado y geomorfológico, punto de partida para definir unidades integradas, y una discusión acerca de los niveles de detalle y escalas de mapificación. En cambio, la evaluación se aproxima a las más estandarizadas en desarrollo regional y planificación.

- El sistema PUCE aplicado a planificación territorial en Australia

El Sistema PUCE (*Pattern, Unit, Component, Element*) surge inicialmente para trabajos de ingeniería civil dentro de la propia CSIRO (Aitchison y Grant, 1967; ref. 1968). A partir de finales de la década de 1970 se polariza su aplicación a la planificación territorial en sentido amplio (regional, urbana). Así lo reflejan múltiples trabajos: Grant y Finlayson (1978), Arnot y Grant (1981), Grant (1982), y Finlayson y Buckland (1987).

Para la clasificación territorial se procede de forma similar a los trabajos originales de la CSIRO: llevan a cabo la interpretación de la fotografía aérea diferenciando unidades geomorfológicas (*landforms*), las cuales son posteriormente descritas y caracterizadas de forma paramétrica mediante tablas. Esas unidades son evaluadas finalmente en términos de capacidades y limitaciones para diferentes usos, según los procedimientos más estandarizados de planificación territorial (modelos capacidad-vulnerabilidad).

No produce una jerarquía en sentido estricto, pero presenta un sistema de clasificación taxonómico que sigue un razonamiento próximo a la clasificación de suelos americana (*Soil Taxonomy*) y reduce la subjetividad del proceso. Las valoraciones, inicialmente sesgadas hacia fines de obras públicas, introducen ahora aspectos como la conservación o la evaluación de la calidad visual del paisaje.

- La transformación de la metodología Oxford-MEXE para planificación territorial en el Reino Unido

Se trata de una síntesis de los diferentes sistemas de clasificación y evaluación territorial surgidos en el ámbito del Oxford-MEXE con fines de ingeniería civil y militar (Beckett y Webster, 1965; Brink *et al.*, 1966) que, a su vez, procedían de la metodología CSIRO.

Su aplicación más reciente deriva hacia la planificación territorial, siguiendo básicamente el mismo procedimiento que los originales *land surveys* australianos: definición de unidades homogéneas por fotointerpretación, descripción-caracterización, y posterior evaluación en términos de aptitudes y limitaciones, si bien ahora se completan con técnicas de teledetección y SIG (Howard y Mitchell, 1985; en Mitchell, 1991).

El procedimiento así planteado es muy versátil en su utilidad. Aunque establece unas categorías, no produce unidades integradas en sentido estricto (p. ej., a pequeña escala utiliza exclusivamente criterios climáticos).

- Metodología sintética del Grupo de Análisis Ambiental de la Universidad de Cantabria

Tiene como precedente fundamental la metodología CSIRO así como la adaptación realizada por González Bernáldez *et al.* (1973), y ha sido perfeccionada a partir de numerosos trabajos del propio equipo (Cendrero, 1975; Cendrero *et al.*, 1976; Díaz de Terán, 1985; Cendrero *et al.*, 1986); se basa además en los ensayos de Cartografía Geocientífica del Potencial del Medio Natural de Lüttig (ver Lüttig, 1980) y en los desarrollos del *Bureau of Economic Geology of the University of Texas*.

Como el resto de las metodologías, bien directamente bien a partir de información temática, procede a jerarquizar el territorio en diferentes categorías de 'unidades morfodinámicas': 'ambientes', 'sistemas', 'unidades' y 'elementos'. Dichas unidades se describen según una serie de 'variables características', que son propiedades o parámetros intrínsecos del terreno directamente observables o medibles (por fotointerpretación, campo, etc.). Ejemplo de variables características son: litología, pendiente, profundidad del nivel freático, textura de los suelos, etc.

Estas unidades morfodinámicas se evalúan posteriormente en términos intrínsecos de 'cualidades significativas', que son propiedades complejas (parámetros interpretativos) resultado de la interacción entre variables características (evaluación-ponderación-agregación y superposición-combinación de los diversos factores descriptivos de cada unidad) y tienen una influencia directa en la capacidad del terreno para soportar determinados usos. Son ejemplo de estas cualidades: erosionabilidad del terreno, vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, calidad del paisaje, etc. (Cendrero y Díaz de Terán, 1987). Estos mapas posibilitan realizar ya orientaciones y prescripciones de uso.

El procedimiento puede continuar evaluando la adecuación de las unidades morfodinámicas para diferentes usos; para ello elabora modelos de capacidad e impacto en función de las 'variables características' y 'cualidades significativas'. Sobre la bases de esta evaluación se realiza una nueva generación de mapas: prescriptivos o de recomendaciones (mapa de orientaciones), y de restricciones de uso (mapa de limitaciones).

Desde el punto de vista de la consideración de las aportaciones desde las Ciencias de la Tierra a estos trabajos, el proceso de valoración-evaluación es más completo que el de otros procedimientos de planificación ecológica, en tanto diferencia claramente valoraciones intrínsecas y evaluaciones *ad hoc*. No produce en cambio una clasificación jerárquica en sentido estricto, en tanto los criterios para definir las unidades son variables en naturaleza, rango y categoría.

- Las aproximaciones fisiográficas para planeamiento en EEUU

Se trata de una actualización de los trabajos que realizara Fenneman (1916, 1928) siguiendo las metodologías de regionalizaciones fisiográficas, desarrolladas en EEUU a finales del siglo XIX y principios del XX (Salisbury, 1907). Esta actualización tiene unos objetivos de planificación territorial y se realizó en dos etapas; la primera corresponde al trabajo de Godfrey (1977), y la segunda al de Godfrey y Cleaves (1991).

La clasificación de Godfrey (1977) define una verdadera jerarquía, que mantiene relaciones genéticas entre sus tipos y categorías: 'provincias', 'secciones', 'subsecciones', 'tipos territoriales' y 'elementos topográficos'. Los pasos a seguir son los siguientes: definir el área de estudio y los objetivos que se desean alcanzar; determinar el orden de unidad fisiográfica más adecuado a las necesidades del planeamiento problema; delimitar las unidades fisiográficas en base a su homogeneidad litológica, estructural y de historia geomorfológica (clasificación); describir las unidades con trabajo adicional (de campo, por ejemplo); y realizar un proceso evaluatorio de dichas unidades, estableciendo mapas interpretativos (capacidades y limitaciones para el objetivo propuesto).

En cuanto a la clasificación fisiográfica de Godfrey y Cleaves (1991), incide en el perfeccionamiento de la jerarquización y diferencia ahora once niveles que abarcan desde el continental hasta las microformas de la superficie terrestre; el nivel taxonómico más adecuado se escoge en función de los objetivos. Una vez cartografiadas las unidades se describen en detalle (forma, procesos, pendientes, saprolito, humedad del suelo, etc.), y en función de esa descripción y los objetivos, se evalúan las capacidades y limitaciones del territorio para diferentes usos.

Son varios los aspectos destacados de la propuesta de Godfrey y Cleaves (*op. cit.*), en especial lo completo de la jerarquización territorial. Sin embargo, para fines aplicados llega a ser excesivo el número de categorías. Es interesante también el tratamiento que hace de los aspectos dinámicos; así, para conocer estados y tendencias de equilibrio del territorio (evolución previsible) ante la interferencia con las actuaciones humanas, se presta especial atención a los procesos geomorfológicos que actúan y han actuado a lo largo de la historia geológica de la región considerada.

3.5. SÍNTESIS

La heterogeneidad de las jerarquizaciones fisiográficas es un hecho evidente; si bien, en todas ellas aparecen una serie de categorías más o menos estandarizadas y correlacionables. Este hecho puede deberse a los ‘diferentes niveles de información’ que posibilita la organización geológico-geomorfológica de la superficie terrestre: algunos son más o menos evidentes, caso de las grandes morfoestructuras continentales (cordilleras, escudos) o de las ‘facetas del relieve’; otros, como las unidades geomorfológicas, no lo son. También hay razones metodológicas: siempre que se llevó a cabo un nuevo intento de sistemática, la influencia de los niveles definidos por clasificaciones previas fue notoria.

En cualquier caso puede decirse que las clasificaciones fisiográficas presentan un tratamiento adecuado a través del análisis fractal (Mandelbrot, 1983): la homogeneidad fisiográfica es una cuestión estocástica, un constructo estadístico (Guzzetti y Reichenbach, 1994). Admitiendo esa tesis, la herramienta fundamental de trabajo son los modelos digitales del terreno (DTM o DEM) y su nivel de detalle aquél que permita realizar descripciones o clasificaciones a diferentes escalas. Outcalt *et al.* (1994), por ejemplo, han comparado las tradicionales ‘provincias fisiográficas’ de Fenneman (1916, 1928) con ‘regiones morfométricas’ obtenidas a partir de MDT, encontrando una correlación elevada entre ambas.

En el caso de las clasificaciones desarrolladas con fines aplicados, lo más normal es que las categorías se hayan supeditado o condicionado a los objetivos. Dada la preponderancia de esos fines aplicados, a partir del segundo tercio del siglo XX las clasificaciones metodológicas pasaron a un segundo plano y, en consecuencia, las consideraciones acerca de la unidad taxonómica en Ciencias de la Tierra.

Wright (1972) ha escrito acerca de este particular y señala que los trabajos de Wooldridge (1932) y Linton (1951) son de los pocos que consideran esa cuestión. Basados en las ideas de Davis (1899b), esos autores definieron unas unidades con homogeneidad morfológica y genética intrínseca (material, forma, edad y origen).

Por lo que respecta a las evaluaciones para planificación territorial, éstas se han realizado a dos niveles: unas dando prioridad a las cualidades intrínsecas del medio, otras siguiendo el esquema tradicional que priorizan dichas cualidades en función de unos fines predeterminados (evaluaciones *ad hoc*).

Las primeras normalmente utilizan una serie de criterios 'objetivos'; es el caso de los establecidos por González Bernáldez *et al.* (1973) para los sistemas bióticos: integridad, diversidad, complejidad, naturalidad, rareza, etc. Esas valoraciones se sirven con frecuencia de una serie de parámetros, denominados 'indicadores', definidos como variables escogidas por su aptitud para describir un aspecto concreto del medio (Ramos *et al.*, 1987). Los más conocidos proceden del campo de las Ciencias Biológicas (organismos que se utilizan para poner de manifiesto diferentes propiedades del territorio). Pero también recientemente se han definido en el campo de las Ciencias de la Tierra unos 'geoindicadores' de cambios ambientales recientes en los sistemas terrestres (Berger y Iams, 1996): fluctuaciones glaciares, erosión del suelo, variaciones en canales fluviales, calidad del agua, etc.

Sin embargo, en planificación territorial han sido más comunes las evaluaciones en función de unos usos o actividades potenciales o efectivas: modelos de aptitud-capacidad, y vulnerabilidad-impacto.

Determinados autores (Ruxton, 1968; Tricart y Kilian, 1979; Godfrey y Cleaves, 1991) han insistido en un aspecto apenas considerado en planificación territorial y estudios del medio físico: el valor que tienen como indicador de 'estados de equilibrio' las tendencias evolutivas de los sistemas geomorfológicos. Las evaluaciones en estos términos, precisan entonces de clasificaciones genéticas y dinámicas, y no sólo configuracionales.

Esa evaluación de los sistemas geomorfológicos, puede tener gran importancia en la gestión territorial en tanto la superficie terrestre es el resultado de una evolución histórica (procesos pasados) y presenta unas 'tendencias futuras' (procesos actuales).

En definitiva, una clasificación fisiográfica debe asumir las ventajas y limitaciones que implica considerar la superficie terrestre como un ente dinámico: posee una configuración actual, pero también una historia y una tendencia futura. Por ello, su procedimiento ha de basarse en la 'síntesis' de los aspectos geográficos y geológicos. Dado el carácter de la Geomorfología, ciencia puente entre las anteriores, se presenta como el campo de conocimientos ideal para abordar este tipo de clasificaciones.

4.

LA GEOMORFOLOGÍA EN LOS ESTUDIOS INTEGRADOS Y DEL MEDIO FÍSICO

En el capítulo 3 se revisaron los denominados "métodos fisiográficos de clasificación y evaluación territorial" y se vio cómo los conocimientos geomorfológicos han contribuido a los mismos de forma decisiva. Aquí analizaremos esa contribución y su aplicabilidad a los estudios integrados, y para centrar ese análisis, consideraremos dos premisas básicas que hacen referencia al carácter y métodos de esta ciencia.

Como se señala frecuentemente, incluso se ha formalizado en algunos textos (Costa y Baker, 1981), la Geomorfología puede considerarse una Geología de Superficie, pues sintetiza todos los aspectos de la gea con implicaciones ecológicas:

"La vida terrestre depende de un manto superficial de roca-agua-suelo de no más de unos metros de espesor; de este manto superficial dependen el crecimiento de las plantas y por tanto la capacidad productiva del suelo, los trabajos de construcción de edificaciones e infraestructuras que no requieran cimentaciones profundas, las actividades extractivas de superficie, las propiedades escénicas del paisaje, etc." (Mitchell, 1991: 3).

En segundo lugar, la validez del conocimiento geomorfológico en el campo de lo 'ambiental' se debe en gran medida a su dimensión histórica: la comprensión de la secuencia de procesos que han afectado a un territorio permite elaborar modelos de predicción para identificar las posibles consecuencias (efectos) que pueden derivar de la implantación en el mismo de una actividad cualquiera (Godfrey y Cleaves, 1991).

4.1. CIENCIAS DE LA TIERRA Y ESTUDIOS DEL MEDIO FÍSICO: GEOLOGÍA AMBIENTAL

Habida cuenta de los significados 'ambiente', 'ambiental', y 'medio ambiente', la Geología Ambiental es un compendio que agrupa todos los aspectos de las Ciencias Geológicas relacionados con un desarrollo equilibrado de las actividades humanas sobre el territorio.

Geología Ambiental es la traducción del término *Environmental Geology* que introdujo Hackett (1967), si bien fue la obra de Flawn (1970) quien lo popularizó. Para este segundo, la

Geología Ambiental es una rama de la Ecología que trata de las relaciones entre el hombre y su hábitat geológico.

En la introducción de la obra recopilatoria *Environmental Geology*, Betz (1975) hace un repaso del término y destaca cómo inicialmente estuvo asociado a la Geología Urbana y a la Ingeniería Geológica. De hecho durante algún tiempo la primera se utilizó como sinónimo de Geología Ambiental, dado que los problemas derivados del uso del territorio eran más evidentes en los espacios construidos (Flawn, 1971). Sin embargo, pronto adquirió una dimensión más generalista y cada vez con mayor nitidez pasó a tratar temas de planificación en zonas rurales, conservación de recursos, riesgos, restauración de paisajes, etc.

Según la obra colectiva *Geología y Medio Ambiente*, esta disciplina es un "*conjunto de campos de aplicación de la Geología, desarrollados como continuación y/o aplicación de los ya tradicionales y cuyo objetivo es corregir los problemas derivados del uso del territorio.*" (Pedraza, 1981: 34); otra definición procedente de nuestro ámbito científico es: "*aplicación práctica de principios y conocimientos geológicos para la prevención, atenuación o resolución de problemas ambientales, especialmente cuando son originados por las actividades humanas.*" (Aguiló *et al.*, 1987: 470). Según Coates (1981) la Geología Ambiental es la disciplina que relaciona las Ciencias Geológicas con las actividades humanas; en realidad esta definición es un tanto ambigua, pues incluye por ejemplo a la Geología Económica que en muchos casos poco tiene de 'ambiental'.

Tratando de valorar la importancia actual de este nuevo enfoque de la Geología, debemos recalcar los razonamientos que ya realizara Flawn en su obra de 1970: esta ciencia sigue demasiado ocupada en explicar los acontecimientos de la historia geológica, pero aún le preocupa poco cómo el hombre está transformando la propia configuración de la Tierra.

Para otros autores, respecto a la Geología tradicional la Ambiental supone un cambio de dirección en el análisis de los problemas; pasa de una perspectiva histórica a adoptar un enfoque prospectivo, es decir, de explicar cómo se han desarrollado los distintos acontecimientos a intentar predecir cómo va a evolucionar el medio ante las actividades humanas en el territorio. Se busca así, "*predecir, prevenir y corregir daños o efectos no deseables derivados de la interacción hombre-medio geológico.*" (Agueda *et al.*, 1984: 100).

En base a la consideración de varios autores (Pedraza, 1989a; Aguiló *et al.*, 1992), podemos decir que la Geología enfoca la problemática ambiental desde las siguientes perspectivas:

a) Por sus cualidades-configuración: materiales-recurso, sustrato-soporte

Se refiere fundamentalmente a los productos y características geológicas, en tanto son soporte de la actividad biológica y social. Las cualidades se establecen según:

- Recursos energéticos, minerales y rocas industriales, etc. En este campo se ha pasado de la prioridad mercantil, a la de mitigar efectos degradantes sobre el territorio debido a las explotaciones. En el caso de la minería, por ejemplo, las soluciones pasan por una ordenación de las actividades (Vadillo, 1989) y la restauración de los terrenos afectados por las mismas (ver López Jimeno *et al.*, 1989). Por lo que respecta a los recursos hídricos, aguas superficiales (red y cuenca hidrográfica, recursos, balance hídrico, etc.) y subterráneas (reservas, dinámica, vulnerabilidad, etc.), tienen un tratamiento específico en Hidrología e Hidrogeología.
- Condiciones geotécnicas del terreno, en función de: capacidad portante, pendientes, procesos y drenaje. Entran en el campo de la Ingeniería Geológica, Geología Urbana y Geotecnia.
- Soporte del desarrollo edáfico y biológico, por lo cual presenta una amplia relación con los estudios agronómicos y forestales.
- Recursos culturales: lugares y puntos de interés geológico y paisajes geológicos singulares.
- Potencial para aislar unidades cartográficas de síntesis, en base a componentes morfográficos, litológicos, geomorfológicos, litomorfológicos, morfoedáficos, etc., los cuales constituyen una base adecuada para la definición de unidades integradas (geoambientales).

b) Por su dinámica: procesos-riesgos

Hace alusión a la capacidad de los agentes geológicos para transformar el territorio y, consecuentemente, la actividad humana. Los procesos geológicos que con más frecuencia generan dichas transformaciones, se asocian tanto a la dinámica endógena como a la exógena y son: sísmicos, volcánicos, fluviales, gravitacionales, glaciares, periglaciares, nivales, litorales y eólicos.

El conocimiento de la ocurrencia, recurrencia, tipología y posibles efectos sobre la sociedad constituye el "análisis de riesgos naturales geológicos" y su planificación (medidas a tomar) la evaluación de riesgos.

c) Por su secuencia evolutiva

El carácter histórico de la Geología, hace posible "comparar o correlacionar en el tiempo". De esta manera, muchas teorías, situaciones o modelos geológicos (tectónica de placas, ciclo geográfico del relieve, etc.), pueden servir de referencia para predecir la evolución de los sistemas naturales en determinados supuestos de manipulación por el hombre.

Todos estos aspectos 'ambientales' de la Geología, aparecen tratados bajo lo que se denominan 'análisis geoambientales' o 'cartografías geocientíficas' (ver Cendrero, 1990; Centeno *et al.*, 1994). Los parámetros contemplados son descritos por medio de fichas (ver figura 4.1) que representan aquellos aspectos geológicos del territorio útiles en el campo de las ciencias

ambientales. Éstas presentan la información integrada e interpretada como para ser utilizable por no especialistas, sobre todo por aquéllos relacionados con la planificación territorial.

Mediante esos trabajos, el experto en Geología trata de facilitar la labor a arquitectos, ingenieros civiles, forestales, agrónomos, etc. Precisamente por este motivo, se convierte en necesidad el hecho de presentar la información referida al medio geológico de manera comprensible y apta para ser utilizada por planificadores, gestores, y usuarios (Arnot y Grant, 1981; Nichols, 1982).

Este tipo de cartografías pueden considerarse derivadas de otras que elaboraban mapas prospectivos para el aprovechamiento de recursos. La situación actual hizo que evolucionaran hacia fines de planificación y ordenación territorial (Luttig, 1980).

En España, los mapas geocientíficos comienzan a realizarse en los primeros años de la década de 1980, con la cartografía del medio natural de la provincia de Almería (Abad *et al.*, 1982), y posteriormente de Valencia (Cendrero *et al.*, 1986) y Madrid (Ayala *et al.*, 1988b).

Si tenemos en cuenta el tipo de información que aporta la Geología al campo de las Ciencias Ambientales, en su gran mayoría deriva de las "configuraciones y procesos actuales" y tiene un contenido sintético. Por ello, al referir Geología se hace en tanto ésta representa todos los conocimientos englobados en otros ámbitos culturales como Ciencias de la Tierra y, dentro de éstos, sus implicaciones más recientes y superficiales. No es extraño, por tanto, que sea la Geomorfología quien más se haya ocupado de estos temas.

4.2. GEOMORFOLOGÍA AMBIENTAL

El conjunto de conocimientos geomorfológicos que tienen relevancia (utilidad) para el desarrollo de las actividades humanas, se han agrupado bajo la denominación de Geomorfología Aplicada.

Los trabajos geomorfológicos con ese carácter, se enfocaron en principio hacia el aprovechamiento de recursos naturales: minerales y rocas industriales asociados a formaciones superficiales, recursos hídricos, edáficos (agronómicos y forestales), etc. El análisis geomorfológico también tuvo inicialmente un importante desarrollo en relación con los trabajos de ingeniería (civil y militar), hasta tal punto que en algunos ámbitos se alude a una Ingeniería Geomorfológica.

UNIDAD: _____		CLAVE 	
---------------	--	---	--

R E C U R S O S	Sustrato Portante				Interés Económico				Culturales								
	Capacidad Portante				Recursos Minerales				Patrimonio Geológico								
	Coherencia	Pizarrosidad Esquistosidad	Fracturación Alteración		Tipo de Yacimiento	Especies de Interés Industrial	Recursos y Reservas	Ley									
	Ripabilidad				Rocas Industriales				Paisaje								
	Condiciones Constructivas		Capacidad de Carga		Tipo de Yacimiento		Recursos y Reservas					Materiales					
	Pendiente				Aguas Subterráneas				Relieve Interno								
	Valor:				Unidades Acuíferas							Espesor		Transmisivi- dad		Nivel Freático	
	Interpretación:																
Drenaje				Suelos				Presencia de Masas de Agua									
Permeabilidad		Pendiente		Escorrentía		Tipo					Espesor		Fertilidad				

R I E S G O S	N a t u r a l e s	Tipo de Riesgo	Área Afectada	Periodicidad	Valoración
	I n d u c i d a d o s	Colapsos y Subsidencias:		Agotamiento R. Minerales y R. Industriales:	
Problemas de Drenaje:		Vulnerabilidad a la Contaminación y Sobreexplo. de A. Subterráneas.			
Estabilidad de Taludes:		Erosión y Contaminación de Suelos:			

Patrimonio Geológico	
Paisaje	

Figura 4.1. Modelo de ficha para la descripción e inventario de la gea en estudios de planificación (según Pedraza et al., 1996b).

Según Verstappen (1983), la aplicabilidad de la Geomorfología se basa en la relación de ésta con otras Ciencias de la Tierra y en su contribución a una utilización planificada y óptima del territorio por parte del hombre. Este autor estructura esa aplicación en los siguientes apartados: 1) estudios sobre geología, suelos, hidrología y vegetación, considerando las técnicas para el aprovechamiento de estos recursos; 2) riesgos naturales, incluyendo tanto los debidos a procesos endógenos como exógenos; 3) planificación rural y urbana, con especial atención a la conservación de suelos, asentamientos, industrias, y actividades mineras; y 4) ingeniería civil.

A medida que la utilización y transformación del medio natural fue creciendo, la aplicación de técnicas y conocimientos geomorfológicos ha ido desplazándose hacia la prevención y corrección de efectos derivados: primero de la interacción entre procesos naturales y actividades humanas (riesgos naturales); más tarde de las acciones antrópicas sobre el medio (preventivas y correctoras de impactos ambientales). Al mismo tiempo que sucedía lo anterior, en el sector de aprovechamiento de recursos se fueron imponiendo medidas de carácter preventivo y corrector. Es así como se llegó a definir una Geomorfología Ambiental, es decir, aplicada a los problemas que plantea el uso del territorio. Dicha Geomorfología tuvo sus inicios en los países industrializados, donde ha habido una mayor —y con frecuencia desorganizada— transformación territorial.

Durante un lapso de tiempo significativo, la Geomorfología Ambiental estuvo centrada casi exclusivamente en el análisis de la influencia del medio sobre la actividad antrópica, es decir los riesgos naturales derivados de la dinámica de los procesos morfogenéticos. Y así quedó reflejado en las obras más significativas al respecto publicadas en la década de los años 1970, como por ejemplo: *Geomorphology in Environmental Management*, de R.U. Cooke y J.C. Doornkamp, editada en 1974; y *Applied Geomorphology*, de J.R. Hails (ed.), en 1977.

Aunque tímidamente aún, la Geomorfología Aplicada en general y Ambiental en particular, están derivando hacia los trabajos encargados de evaluar y ordenar la influencia del hombre sobre el medio; es decir, hacia el otro gran bloque de estudios ambientales constituido por la planificación territorial, la evaluación de impactos, y la restauración ecológica y del paisaje. Este cambio de orientación queda apuntado en las obras más recientes de esta disciplina como, por ejemplo, *Geomorfologia Applicata* de M. Panizza (1988).

Desde nuestro punto de vista, la Geomorfología Aplicada debe intensificar su actuación sobre este gran bloque: la resolución de los problemas derivados de las actuaciones humanas en el territorio a través de la planificación, la EIA y la restauración, contemplando la inclusión de los riesgos naturales dentro de la planificación.

Tratando de acotar y estructurar aún más el campo de actuación de la Geomorfología Ambiental, diremos que uno de los primeros autores en hablar de esta disciplina, D.R. Coates, incluye en ella los siguientes aspectos: estudio de los procesos geomorfológicos que afectan

al hombre (riesgos naturales); análisis de los problemas que el hombre plantea al perturbar y degradar el sistema tierra-agua (impactos ambientales); la utilización humana de los agentes geomorfológicos y sus productos (recursos); y la aplicación en general de la Geomorfología en la clasificación, planificación y administración del medio (Coates, 1972-1974).

En una línea más 'moderna', Panizza (1988) agrupa las aplicaciones de la Geomorfología a los problemas ambientales, reconociendo ya los dos estudios del medio físico más estandarizados en nuestro ámbito científico y social: la 'planificación territorial', como proceso que integra los distintos aspectos sectoriales de prospectiva del medio físico, riesgos, o evaluaciones; y la 'evaluación de impactos ambientales'. A nuestro juicio esta propuesta es acertada y hace hincapié en dos líneas que desarrollaremos más tarde.

En definitiva, la aportación de la Geomorfología a los estudios ambientales puede concretarse en cinco áreas; cuatro de ellos más asentadas y otra poco desarrollada aún. Las cuatro primeras son: riesgos naturales, planificación territorial, evaluación de impactos ambientales y restauración ecológica. La quinta se refiere al paisaje, cuyo estudio desde esta disciplina entendemos debe potenciarse dadas las relaciones que guardan las formas del terreno y las fisonomías o paisajes. A su vez, esos cinco campos de actuación pueden sintetizarse en dos grandes grupos (figura 4.2): la afección de los procesos naturales —geomorfológicos en este caso— a la actividad social, que forma parte del campo del análisis de los riesgos naturales; y la consideración de los problemas que la especie humana plantea al transformar y utilizar el territorio (efectos o consecuencias ambientales).

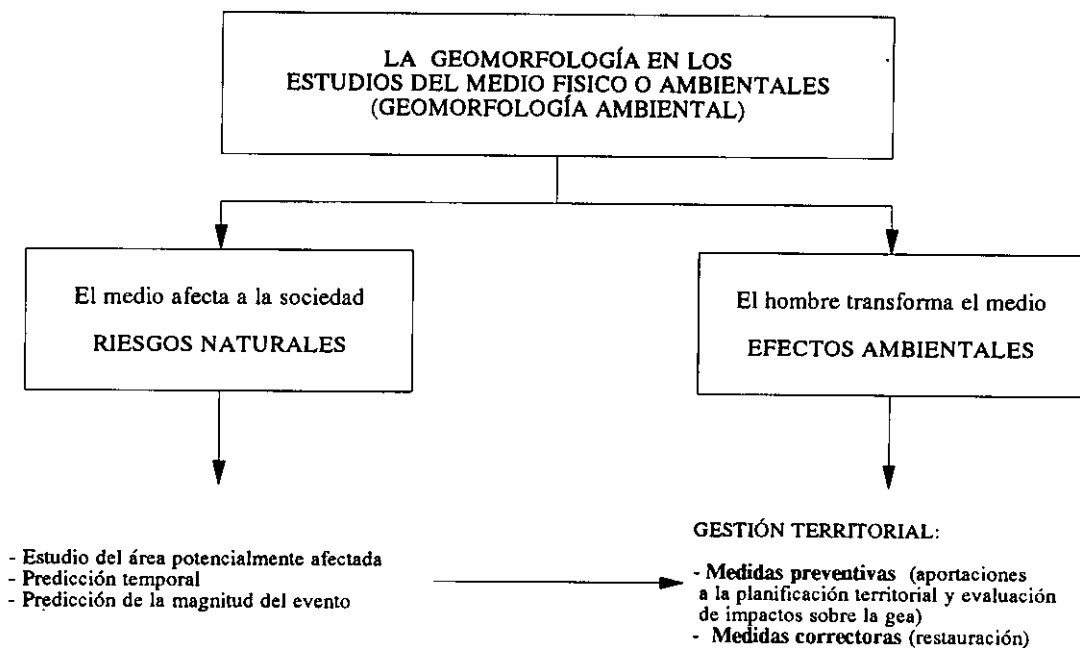


Figura 4.2. Participación geomorfológica en los estudios del medio físico o ambientales.

En relación con la repercusión de las afecciones humanas sobre el medio, comienza a resurgir dentro de la ciencia geomorfológica una temática que en su momento tuvo cierta notoriedad: aquélla que considera a la especie humana como un 'agente geomorfológico' cuya eficacia es comparable a la de otros procesos naturales (Hooke, 1994).

En efecto, las acciones antrópicas sobre el relieve generan modelados y depósitos específicos, producidos directamente por minería, obras públicas, etc.; a su vez, introducen modificaciones en la tendencia natural del resto de los procesos: el caso mejor conocido es la distorsión del balance natural erosivo-sedimentario, inducido entre otros por la deforestación o la alteración de la dinámica hidrológica en general. Dichos estudios —abordables con los mismos esquemas que otros procesos geomorfológicos— pueden englobarse en lo que, aún sin formalizar, algunos llaman Geomorfología Antrópica. Sherlock (1922) introduce en la literatura esta consideración, que sin embargo ha tenido escasa repercusión a nivel de la ciencia geomorfológica exceptuando casos muy concretos (Alexandrowicz, 1983; Nir, 1983). No deja de ser paradójico que siendo en la actualidad el hombre un agente geomorfológico muy activo en la modificación del relieve terrestre (Hooke, *op. cit.*), este tema sea abordado normalmente por profesionales ajenos a la disciplina geomorfológica (ecólogos, ingenieros, etc.).

4.2.1. El mapa geomorfológico como base de la aplicación

Como señala Garzón (1978, 1980) en una síntesis al respecto, que en lo esencial seguiremos aquí, la aplicabilidad del mapa geomorfológico detallado siempre estuvo sujeta a discusión. Los detractores de este documento para objetivos utilitarios advierten de su complejidad: la mayor parte de esas cartografías sólo tienen sentido para los geomorfólogos, aseguran Cooke y Doornkamp (1978); o bien, su complicado resultado contrasta en ocasiones con la sencillez del territorio estudiado desde una óptica puramente fisiográfica (Savigear, 1965). Wright (1972) cita a este respecto a Kellog (1940), quien criticaba el hecho de que bajo cientos de símbolos no se escondan en el fondo más que un 'puñado' de terrenos muy similares.

Sin embargo, si bien los mapas geomorfológicos no son aplicables directamente, sí otorgan bases genéticas para una clasificación de la superficie terrestre (fisiográfica) que puede tener su aplicabilidad. Además del procedimiento de Crofts (1974), ya descrito, varios trabajos más han señalado su utilidad en planificación territorial.

Esa circunstancia era reconocida, por ejemplo, en los primeros manuales de cartografía geomorfológica genética (ver Demek, 1972); según los mismos, el fin último de estos mapas era proporcionar un adecuado conocimiento del medio al objeto de facilitar un uso más racional del mismo.

La base de estas propuestas está en el elevado cúmulo de información sobre el territorio que contienen estos mapas. Los aspectos más destacados son las formaciones superficiales y la

morfodinámica (procesos actuales). En efecto, las formaciones superficiales reciben un tratamiento deficiente en los mapas geológicos, a pesar de su relación con el desarrollo del suelo y por lo cual su estudio tiene un valor práctico en agronomía, ecología y trabajos forestales; también en geotecnia e ingeniería civil (Rutter, 1977).

En cualquier caso, debemos tener presente que la aplicabilidad tampoco es el objetivo último del mapa geomorfológico: no está especialmente adaptado a las necesidades de la ordenación territorial pero, dotado de un objetivo específico, puede constituir una primera etapa en las investigaciones aplicadas (Tricart y Kilian, 1979). Realmente supone una fase inicial en el análisis territorial, a la que puede seguir un objetivo específico en caso necesario; en este razonamiento se basaba por ejemplo la propuesta de Crofts (1974) ya analizada.

En esa misma línea argumental, Cooke y Doornkamp (1978) afirman que el mapa geomorfológico debe tener su principal aportación en los estados iniciales de la investigación, lo cual permitirá adquirir la información necesaria sobre el contexto geomorfológico de la región que se está investigando. Según esa premisa, los autores citados ponen varios ejemplos de mapas geomorfológicos de carácter aplicado (*special purpose map*) realizados a partir de otros detallados (*general geomorphological map*). Para explicar la benevolencia de dicha transformación, señalan que muchas propiedades de carácter aplicado (p.e. edáficas) cambian allí donde existen límites litológicos y morfológicos.

Wright (1972) cita también en este sentido los mapas producidos por el Centro Nacional de Investigaciones Geomorfológicas de Bélgica (Macar *et al.*, 1961; Gullentops, 1963), los cuales han combinado con éxito los factores interpretativos con los aplicados o descriptivos.

Otro procedimiento para la transformación de información morfogenética en aplicada es descrito por Garzón (1978, 1980). Se trata del método de los *makroreliefrayons* de Kugler (1975), desarrollado en Alemania Oriental con el objeto de otorgar a la cartografía geomorfológica una aplicación a los campos de la planificación y conservación territorial. Las unidades distinguidas equivalen a regiones geomorfológicas, caracterizadas por su génesis y morfoestructura, que son valoradas finalmente desde el punto de vista de sus posibilidades como desarrollo agrícola, recreo o valor psicológico.

En definitiva, las bases de la utilidad del mapa geomorfológico tienen su fundamento en la asociación del relieve con otros elementos de la superficie terrestre. Todo ello permite establecer una serie de relaciones parciales entre las formas del terreno y los restantes factores del medio. Así:

- Geomorfología y clima

Las condiciones macroclimáticas de una región aparecen modificadas en buena medida por el relieve. Parámetros tales como: temperatura (enfriamiento adiabático) y precipitación (lluvias

orográficas, nivación), evaporación, dirección y velocidad de los vientos, balance de radiación solar, incidencia de las heladas, etc., modifican sus valores por influencia de la altitud, la exposición, etc.

Al mismo tiempo, muchos procesos geomorfológicos están asociados al clima en tanto les regula la dinámica externa del Planeta; tal es así, que frecuentemente se alude a sistemas de procesos climáticos, zonas morfogenéticas, etc. Sin llegar al extremo que se ha pretendido a veces, identificando la morfogénesis con las zonas climáticas, sí es cierto que hay una asociación entre ambos. Por tanto, partiendo del análisis del relieve (alteraciones; formas relictas; formas en proceso de degradación; variaciones en la dinámica de los agentes externos, especialmente los glaciares y fluviales) es posible conocer gran número de datos sobre la evolución climática.

- Geomorfología y otros factores geológicos

La aportación geomorfológica en las investigaciones geológicas siempre fue notoria; los vínculos en este caso son evidentes: puesto que la litología y la estructura condicionan en buena medida las formas del terreno, éstas pueden ser un reflejo de aquéllas y por tanto una herramienta útil en la cartografía geológica.

El sustrato litológico queda reflejado en muchos casos en la morfología (morfologías litológicas) debido a la respuesta del mismo ante los agentes de la dinámica externa; así ocurre por ejemplo con los relieves residuales, o las morfologías graníticas, volcánicas, cársticas, etc. A su vez, estos procesos están íntimamente relacionados con las transformaciones meteóricas que sufren las rocas dando formaciones superficiales, y haciéndolas más o menos aptas para el desarrollo de suelos y la colonización vegetal.

- Geomorfología e hidrología

La configuración más superficial de la superficie terrestre (relieve y litología), influye de forma irremisible en la circulación superficial y subterránea del agua (escorrentía, infiltración), condicionando a su vez toda una serie de procesos (geomórficos y edáficos) subsecuentes. En este caso además la influencia es recíproca, pues el modelado de amplias zonas de la superficie terrestre es en buena parte el resultado de dichos procesos.

- Geomorfología y suelos

En la relación entre geomorfología y suelos reside gran parte del 'papel ecológico' al que nos venimos refiriendo; este tema ha sido objeto de una amplísima literatura (Verstappen, 1987; Gallardo *et al.*, 1988; Mitchell, 1991; Pedraza *et al.*, 1996a). Tal relación es fácilmente comprensible si tenemos en cuenta que los atributos que sintetiza la información geomorfológica (litología, relieve, procesos, y en el caso de las formaciones superficiales el tiempo desde que el suelo comienza a evolucionar), constituyen parámetros genéticos

fundamentales en el desarrollo edáfico. De esta forma, a partir de la zonación geomorfológica de un territorio en cuestión (unidades geomorfológicas, o de potencial edáfico en función de la morfología) se puede llegar a una cartografía de suelos más real, rápida y económica (Ibáñez, 1986; Pedraza *et al.*, 1996a).

Milne (1935) es pionero en el estudio de los patrones relieve-suelo, y a él se debe el conocido término *catena*: repetición regular de perfiles de suelos asociados a ciertas formas topográficas. También en esta línea está el término *suite*, introducido por Robinson en 1929 (ver González Bernáldez, 1981), que alude a aquellas categorías de suelos que tienden a aparecer juntas en la Naturaleza. Bridges y Doornkamp (1963) realizaron un clarividente experimento: comparar los mapas geomorfológicos y edáficos de un mismo territorio, observando una correlación muy elevada entre las unidades de ambos. Dalrymple *et al.* (1968) hicieron una clasificación de las vertientes relacionando las unidades morfográficas y los procesos geomorfológicos y edáficos que tienen lugar en su dominio.

También la interacción morfología-suelos está presente en el concepto ‘asociación de suelos’ (*soil association*), como unidades edáficas que se agrupan regularmente según determinados patrones. En las Islas Británicas, Areola (1974) encontró una alta correlación entre las propiedades físicas de los suelos (color, textura, óxidos, pedregosidad), y las unidades litomorfológicas; sin embargo, la relación con las características químicas era mucho menor. En otro estudio reciente (Roquero, 1994), todo el trabajo de investigación gira en torno a la relación geomorfología-suelos, haciendo especial hincapié en la influencia de la edad de las formaciones superficiales en el desarrollo edáfico.

- Geomorfología y vegetación

Las condiciones generales que impone el clima a la distribución vegetal (bioclimatología), en buena medida están influenciadas por el relieve. La variación con la altitud de los valores de precipitación y temperatura da lugar a pisos bioclimáticos, directamente dependientes de la orografía. Pero además, dentro de este marco general, otro tipo de parámetros geomorfológicos hacen variar la distribución vegetal: altitud, orientación, posición fisiográfica, pendiente, cursos fluviales, pedregosidad, grado de erosión, presencia de formaciones superficiales, microrrelieve, etc.

La tipificación de pautas y correspondencias entre el relieve y la vegetación, ha sido objeto de numerosas investigaciones. Harris en 1985 (ver Harris, 1987) realiza una revisión de la literatura que trata las relaciones entre la vegetación riparia y la morfología fluvial. En nuestro país destacan los trabajos de Pou (1979) y González Bernáldez (1981); también Hernández Bermejo y Sainz Ollero (1984) ponen de manifiesto el enorme condicionante que suponen las variaciones geomorfológicas en la distribución vegetal del macizo de Ayllón. Bailey *et al.* (1985), en sus estudios sobre las ecorregiones de los Estados Unidos, encontraron que, a meso

y macroescala, el relieve era el factor que mejor se correlacionaba con los patrones de suelo y vegetación, si bien en un trabajo previo (Bailey, 1983) había demostrado que a pequeña escala era el clima quien reflejaba la distribución biológica; ello explica el hecho de que a escalas medias y grandes, cambios litológicos o morfológicos nítidos se correspondan frecuentemente con cambios bruscos en el tipo de vegetación, y cambios graduales se reflejen en idéntico comportamiento de las formaciones vegetales.

- Geomorfología y usos del suelo

El uso potencial o intervención que el hombre puede hacer del territorio se sitúa en función de los factores antes señalados, al menos en lo que se refiere a un uso 'primario'. Así sucedió tradicionalmente, cuando su relativa escasa capacidad para transformar el territorio llevaba a las comunidades humanas a una 'adaptación forzosa' a los sistemas naturales, y a establecer sus actividades y asentamientos en función de las características del medio. Desde una perspectiva histórica, parece innecesario explicar cómo las vegas más fértiles determinaron las primeras grandes civilizaciones, los valles y collados las vías de comunicación, los relieves aislados lugares sagrados y fortificaciones, etc. Hoy esa relación tiende a ser menos nítida, en tanto la capacidad técnica posibilita actuar con cierta 'independencia' de las condiciones del medio.

4.2.2. Procesos geomorfológicos y riesgos naturales

Los procesos geomorfológicos susceptibles de generar riesgos, básicamente son: crecidas fluviales, erosión del suelo, movimientos gravitacionales, aludes y avalanchas de nieve o hielo, acciones de hielo-deshielo en ambientes periglaciares, subsidencias y colapsos cársticos, fenómenos asociados a arcillas expansivas, procesos litorales, y meteorización; ya vimos cómo muchos autores (por ejemplo Verstappen, 1983), incluyen aquí los procesos de origen endógeno (sísmico y volcánico). De los citados, han experimentado un inusitado interés entre los geomorfólogos en los últimos años los relativos a la erosión del suelo.

Los estudios sobre riesgos naturales intentan cualificar los procesos que los producen, delimitar su zona de actuación, y evaluar su incidencia en la actividad social y económica (ver Pedraza *et al.*, 1996a). Más en detalle, tratan de acotar el funcionamiento del proceso; es decir, las leyes físicas que lo gobiernan y sus variables características (predicción en términos de localización, frecuencia y magnitud), el área potencialmente afectada, y la incidencia sobre las actividades humanas. La integración de estos tres parámetros permite definir escalas de riesgo, y concretar medidas preventivas y correctoras. Desde la Geomorfología es posible estudiar sobre todo la predicción espacial (área potencialmente afectada) y, en casos, la temporal y de magnitud (Ayala *et al.*, 1988a).

4.2.3. Planificación territorial

Como se señaló en el capítulo 1, la planificación integrada o ecológica trata de establecer alternativas de usos en el territorio, maximizando la capacidad o aptitud del medio para acoger esas actividades y minimizando el impacto que llegarían a producir en aquél.

La aportación geomorfológica a estos estudios se centra en los inventarios, con el establecimiento de unidades homogéneas del territorio objeto de ordenación, y en la evaluación o diagnóstico territorial incluyendo el estudio de procesos-riesgos. A este respecto, es preciso señalar que han sido profesionales ajenos a las Ciencias de la Tierra los más activos defensores de la utilidad de los métodos geomorfológicos en planificación. Merecen destacarse las obras *Design with Nature*, de McHarg (1969), y *Terrain Analysis*, de Way (1973); la primera dedicada a técnicas y métodos de planificación, la segunda al análisis del terreno desde una óptica aplicada al establecimiento de usos (*land use planning*).

La utilidad de la Geomorfología en estos trabajos se basa en las siguientes cualidades:

- *El relieve¹ como factor ecológico.* Por su naturaleza de factor genético de primer orden, el relieve condiciona el desarrollo de otros elementos y cualidades del medio. De esta manera y a través de los estudios fisiográficos, la Geomorfología puede ser clave para llegar a entender las interrelaciones existentes entre los elementos y procesos del medio natural, su uso potencial, o la naturaleza de su degradación. Así, por la posibilidad de actuar como síntesis y condicionante de toda una serie de propiedades del territorio (a saber: hidrología, suelos, vegetación, usos, paisaje), el análisis del relieve puede proporcionar la base o armazón sobre la que realizar estudios integrados o del medio físico (Wright, 1972).

- *El relieve como conjunto geométrico susceptible de estructuración y clasificación.* El relieve, componente más notorio de la superficie terrestre, posee una estructura (geometría) capaz de ser compartimentada en base a propiedades fácilmente perceptibles (configuración, fisonomía, morfografía en definitiva). De este modo, disponemos de un criterio primario decisivo para delimitar unidades territoriales homogéneas de síntesis o geoambientales; así, cualquier cambio geométrico marcado (pendiente, textura, tipología de drenaje, etc.) es fácilmente diferenciable y cartografiable en el campo, desde el aire, o en fotografía aérea y de satélite. Podríamos decir, en definitiva, que presenta una gran 'eficiencia cartográfica': el relieve es un conjunto de elementos estructurados, muy aptos para delimitar unidades cartográficas (Pedraza *et al.*, 1989a).

¹ La acepción castellana de relieve no equivale exactamente a su homónima anglosajona *landform*, expresión más relacionada con nuestro objetivo. Relieve tiene un significado próximo a forma, morfología o configuración; *landform* tiene en cambio un contenido más amplio, equivalente al que aquí queremos expresar: configuración física de la superficie terrestre, que refleja una estructura geológica, una litología, y los procesos que han modelado esa litoestructura (Godfrey y Cleaves, 1991).

- *Los procesos geomorfológicos como responsables de la evolución en la configuración de la superficie terrestre.* El estudio de los procesos geomorfológicos permite conocer los riesgos asociados a los mismos; también aporta información acerca de las modificaciones ocurridas a lo largo del tiempo en la superficie terrestre, y aproxima a un diagnóstico territorial en términos de equilibrio y pautas evolutivas en relación con las actividades humanas.

El desarrollo de cada uno de estos aspectos parciales, permite concretar más la aportación geomorfológica a cada una de las fases de que consta la planificación territorial (integrada o ecológica). Es preciso recordar, que el conjunto de la información debe de ser significativa y clara, es decir, fácilmente utilizable por otros especialistas.

4.2.3.1. Prospectiva e inventario

A este nivel interesan aquellos parámetros que pueden considerarse significativos para caracterizar el territorio, sus recursos, dinámica, comportamiento, etc. En este sentido, el clima y el binomio geología-morfología han sido considerados tradicionalmente factores genéticos de primer orden, al reconocérseles su papel 'condicionante' de otros elementos y procesos según los esquemas genético-evolutivos naturales. La mayor influencia de uno u otro depende normalmente de la escala. Dantín Cereceda (1912), pionero junto a E. Hernández-Pacheco de los estudios fisiográficos en nuestro país, señalaba al respecto:

"La adaptación de los restantes factores geográficos (clima, flora, fauna, hombre) al relieve, tal como nosotros la entendemos, creyéndonos simplemente intérpretes de la realidad, corrobora lo que aseguramos." (Dantín Cereceda, 1912: 4).

Y más tarde:

"La naturaleza y varia coherencia de los materiales componentes de los terrenos, su espesor o potencia, y muy singularmente su tectónica o interna disposición, con la historia o vicisitudes de sus movimientos, plegamientos, superficies de erosión, etc., explican, en una gran parte, las formas actuales del relieve, la hidrografía y biogeografía regionales. El clima mismo que, en un primer examen, parece impuesto a la superficie terrestre desde la atmósfera en su contacto, no queda extraño, en amplia medida, al influjo del propio relieve." (Dantín Cereceda, 1942: 9-10).

Christian (1958) subraya esta circunstancia: la génesis del sustrato litológico y su posterior evolución morfológica, determina en buena medida el desarrollo del resto de los componentes del paisaje (figura 4.3); más concretamente:

"Cada porción de la superficie terrestre es el producto final de una evolución gobernada por el sustrato geológico, los procesos geomorfológicos, los climas, pasados y presentes, y el tiempo. Durante este periodo, la superficie terrestre ha ido modificándose hasta alcanzar su configuración actual, desarrollando en este proceso sus propios rasgos hidrológicos, edáficos, de comunidades vegetales y poblaciones animales, y microambientes." (Christian, 1958: 75-76).

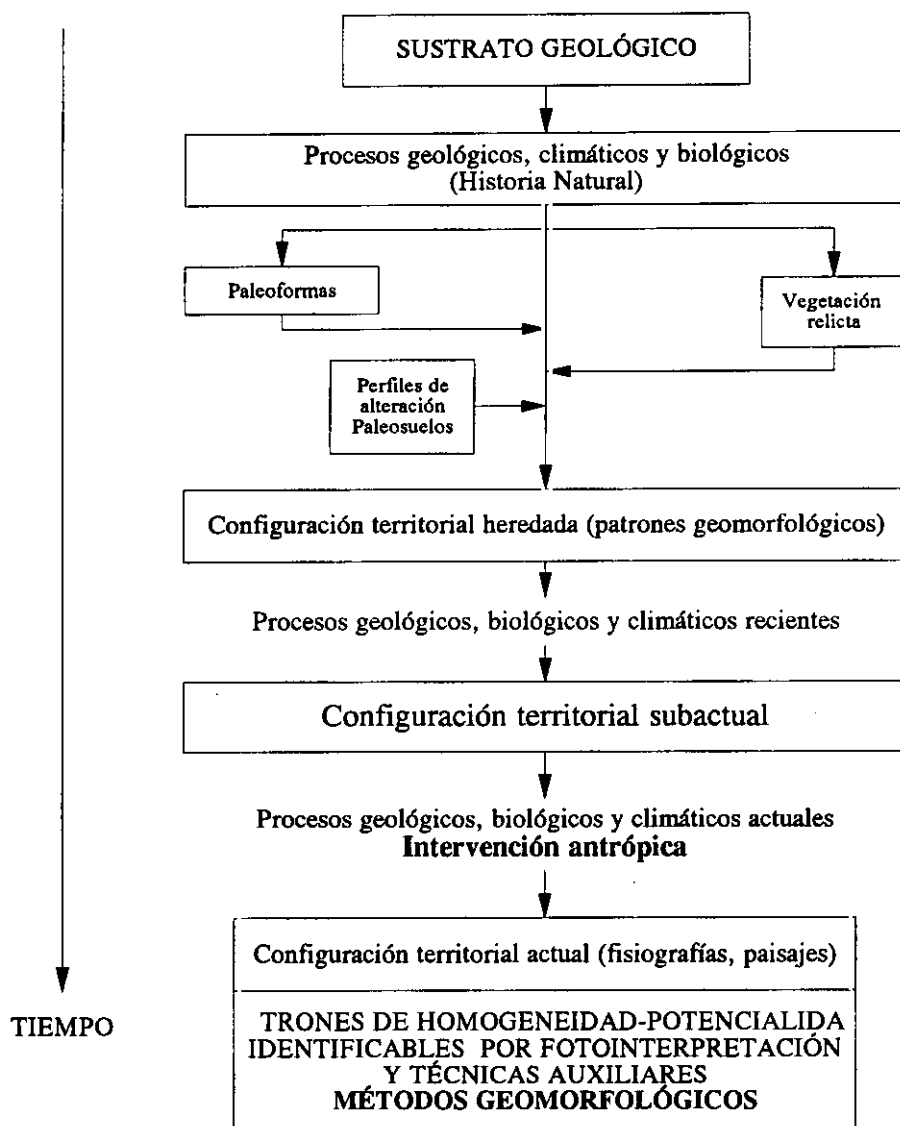


Figura 4.3. Condicionantes de la evolución geomorfológica en la configuración de la superficie terrestre. Modificado a partir de Christian (1982).

También McHarg (1969) ejemplifica esa sucesión de procesos genéticamente correlacionados: la historia geológica, en conjunción con los diferentes climas habidos en el tiempo, ha originado las formas básicas de la superficie terrestre (*landforms*). Dichas morfologías (con su sustrato y el clima), explican la circulación del agua (superficial y subterránea). Los suelos se forman en relación con los procesos anteriores, estando muy influenciados por el transporte de materiales debido a los procesos geomorfológicos. Conocidos la litología, morfología, clima, régimen hidrológico y los suelos, la distribución de las comunidades vegetales llega a comprenderse claramente. La composición de estas comunidades explica a su vez la distribución de la vida animal.

Otro autor que se hace eco de esta interrelación secuencial es Simpson (1988), quien afirma que se debe considerar la 'causalidad' y la escala de actuación de los procesos naturales para hacernos un mejor esquema de la realidad. Así, continúa, los procesos que actúan a más baja velocidad (p.ej., geológicos) ejercen un gran control e influencia sobre los que tienen lugar

más rápidamente (p.ej., sucesión vegetal), pero la influencia contraria es siempre mucho menor.

En definitiva, la fase de inventario es prácticamente un estudio científico básico y por lo que respecta a la Geomorfología, destacan los componentes configuracionales (morfografía) como útil cartográfico y los genéticos (morfogénesis) como sistema de correlación con otros componentes de la superficie terrestre:

"El conocimiento de las formas del relieve tiene particular importancia a la hora de realizar un estudio del medio físico. Es importante en sí misma y en la inventariación de otros elementos y procesos con los que guarda estrecha relación y a los que, a veces, condiciona en gran manera. Por ejemplo, la climatología de amplias áreas puede verse modificada localmente por la configuración del terreno; guarda estrecha relación con la edafogénesis; algunas de sus componentes básicas, como altitud, exposición o pendiente, son factores limitantes para la vegetación, etc." (Aguiló et al., 1992: 51).

4.2.3.2. Clasificación del relieve en la definición de unidades geoambientales

La planificación integrada o ecológica busca alcanzar un equilibrio entre los "requerimientos socioeconómicos" (demanda) y las "posibilidades del territorio" (oferta). Desde esta perspectiva, sólo puede llegar a resultados satisfactorios cuando base sus prescripciones para unidades definidas por límites físicos (geológicos, edáficos, botánicos), y no exclusivamente, históricos y políticos, los cuales agrupan casi siempre territorios de naturaleza muy distinta.

Este objetivo se consigue a través de las regionalizaciones, las cuales tienen un carácter eminentemente espacial, pues en definitiva tratan de organizar un territorio con una expresión cartográfica:

"la planificación integrada debe entenderse como un intento de racionalizar el espacio, razón por la cual son preceptivos los métodos por los que puede o debe llegarse a delimitar unas porciones del mismo, que tengan un valor de referencia." (Pedraza, 1981: 51).

La importancia de usar en planificación clasificaciones 'físicas' del territorio, se debe al hecho de que los límites asignados a las unidades tienen mayor permanencia y, por tanto, son útiles para todas aquellas evaluaciones que deseemos (Arnot y Grant, 1981).

La aportación de la Geomorfología a estas clasificaciones se debe a su capacidad para estructurar la superficie terrestre en una serie de unidades que, dadas las relaciones genéticas existentes entre las formas del terreno (*landform*) y otros componentes del medio natural, hasta cierto punto pueden considerarse la síntesis de las características territoriales.

En realidad todo nuestro razonamiento gira en torno a la amplitud que del concepto 'unidad geomorfológica' (*landform*) tiene la literatura norteamericana: configuración física de la

superficie terrestre que refleja la estructura geológica y los procesos que han modelado dicha estructura (Hunt, 1967). Más concretamente, el criterio primario para delimitar unidades territoriales es su configuración espacial, es decir, la 'forma':

"La demanda de divisiones fisiográficas ha sido enorme entre los geógrafos y otros profesionales cuyo trabajo se basa en estas distinciones; sin embargo, determinar qué son esas unidades, definirlas y delimitarlas, debe ser en su mayor parte un trabajo geológico." (Fenneman, 1916: 25).

En un trabajo pionero sobre estudios integrados, Veatch (1937) apuntaba que es demasiado complejo aglutinar todos los elementos del medio en una unidad, pero que quizá unos pocos factores o elementos de ésta pueden llegar a ser representativos de aquélla en toda su extensión y, por tanto, muy adecuados para los objetivos de la clasificación y el planeamiento.

Para Mitchell (1991), son elementos útiles en la clasificación territorial, aquéllos particularmente eficientes al mapificar, y su identificación permite excluir a otros.

Linton (1951) puso de manifiesto cómo la mayor parte de los intentos de regionalización o compartimentación territorial se han basado en parámetros geomorfológicos. Para este autor, incluso muchos de los que dicen utilizar el clima en el fondo también hacen uso del relieve; tal suceso es fácilmente comprensible si tenemos en cuenta las dificultades que ofrece el clima para ser cartografiado. Esta circunstancia es evidente, por ejemplo, en el intento de regionalización hecho para la Península Ibérica por Unstead (1926), en principio 'integrado' pero en la práctica fisiográfico-geomorfológico.

Según Linton (*op. cit.*), la utilidad práctica de estas clasificaciones es precisamente su significado ecológico: dadas las implicaciones microclimáticas, hidrológicas, edáficas, etc., de las unidades geomorfológicas, es previsible que éstas coincidan con unidades ecológicas, edáficas, botánicas —si no ha existido una transformación humana importante— o de uso primario del territorio. Esta circunstancia permite al geomorfólogo tener una contribución directa en el trabajo de los edafólogos, ecólogos, geógrafos y gestores territoriales.

También la escuela soviética de la Ciencia del Paisaje (Solntsev, 1962) considera que el territorio tiene una base geológico-morfológica indudable, pues allí donde cambia la estructura geomorfológica, varía la estructura del paisaje: "(...) hemos advertido que las bases geológico-morfológicas son el factor principal para la segregación de paisajes, por lo que un sistema genético de clasificación del mismo debería basarse en ellos." (Solntsev, *op. cit.*: 14).

Sostiene por tanto esta escuela, que una clasificación del territorio debería regirse por sus factores más estables y critican el hecho de que a veces se hayan basado en elementos mucho más frágiles o susceptibles al cambio, como es el caso de la vegetación. Estos mismos autores, al igual que hacía Simpson (1988), ordenan los elementos del medio según su estabilidad o resistencia al cambio (litosfera, atmósfera, agua, suelos, vegetación y fauna), y afirman que

el cambio en uno de ellos influirá de manera notable en los posteriores, pero poco en los anteriores.

El papel de la Geomorfología en la diferenciación de unidades homogéneas en el territorio se ve reforzado en las regiones donde la vegetación es escasa de forma natural, o bien en aquellos lugares donde la acción antrópica ha modificado en pequeña medida la cubierta vegetal. Allí donde ha habido una transformación humana secular, como sucede en gran parte de la Península Ibérica y del entorno mediterráneo, el relieve constituye el principal indicador de homogeneidad potencial, para lo cual debe ser cotejado con el estado del suelo; en este caso la definición de unidades ecológicas reales precisa de necesarios 'ajustes'.

Sin embargo, la situación no es tan sencilla como se describe previamente, ya que existen patrones territoriales difíciles de explicar a la luz de los datos actuales. Para Ruxton (1968) esta circunstancia se debe a la existencia de un cierto grado de desequilibrio o 'desorden' en el territorio; ello hace muy difícil que los patrones de interdependencia y correlación entre los elementos del medio sean absolutamente claros; por ejemplo, perfiles de alteración, paleosuelos, vegetación relictas, etc., no son explicables sino es por la existencia de relaciones heredadas de eventos histórico-naturales.

En definitiva, como ha quedado expuesto, puede aceptarse que los criterios para la clasificación territorial siguiendo procedimientos sintéticos deben ser aquéllos que condicionen la evolución subsecuente del resto de elementos del medio (factores genéticos). Para la práctica totalidad de los autores que han tratado esta temática, a pequeña escala (grandes unidades) el clima es el mejor indicador de los rasgos territoriales (*sic*); sin embargo, a media y gran escala, que son las utilizadas en planificación territorial, los criterios geológico-geomorfológico son determinantes.

4.2.3.3. Evaluación y diagnóstico territorial con criterios geomorfológicos

Los procesos de evaluación territorial buscan obtener tanto las capacidades, aptitudes o potencialidades, como las limitaciones, fragilidades o vulnerabilidades que presenta el medio para acoger actividades humanas. Como veremos, con frecuencia estas cualidades se elaboran a partir del inventario (mapas temáticos), aunque también pueden ser evaluadas directamente las unidades sintéticas obtenidas en la clasificación territorial.

Por lo común, las evaluaciones han estado siempre guiadas por un objetivo (*ad hoc*). Es por ello que se han llevado a cabo tradicionalmente en contextos demasiado 'estáticos': capacidad agrícola; vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos; etc.

Tricart (1973), por ejemplo, ha atribuido a los estudios de planificación territorial y evaluación de impactos una escasa consideración de las cuestiones dinámicas, a pesar de que el funcionamiento de los sistemas terrestres superficiales sea esencialmente dinámico, y se base

sobre todo en los procesos morfogenéticos. Éstos interfieren con los demás componentes del sistema natural, fundamentalmente los edáficos. Bajo estas premisas, los procesos geomorfológicos que actúan en un territorio (activos), permiten caracterizar el medio en función de su grado de estabilidad, información que debe ser esencial en el ordenamiento territorial.

Ese estudio dinámico hace posible prever la evolución de la configuración de la superficie terrestre en el tiempo y, por tanto, la posibilidad de ser utilizada como elemento predictor de su comportamiento futuro de forma natural, o como respuesta ante las actuaciones antrópicas. Ello permite estudiar el territorio en términos dinámico-evolutivos, y aproximarnos a su grado de equilibrio o tendencias. Es en este contexto de 'grados de estabilidad' o 'equilibrio', donde la Geomorfología puede aportar información clave para una evaluación territorial. Estas ideas son determinantes, por ejemplo en los estudios de restauración, pues normalmente interesa 'dirigir' el sistema hacia la edafogénesis.

Ruxton (1968) señala que los estudios para planeamiento y desarrollo no debieran consistir en hacer cada vez mejores inventarios y clasificaciones, sino que habría que estudiar en detalle los procesos que han intervenido e intervienen en el territorio, así como su interrelación, para conocer sus verdaderas capacidades o aptitudes y predecir los efectos que tendrán las actividades humanas que se implanten en el mismo. Como idea fundamental, este autor insiste en la necesidad de reconocer el grado de desequilibrio de un territorio con respecto a su tendencia natural, para insertar mejor en él las actividades humanas.

Según Godfrey y Cleaves (1991) la importancia de considerar los procesos geomorfológicos que actúan y han actuado en un *landform*, es determinante para conocer cuál es el estado de equilibrio de esa unidad, y en definitiva, cómo puede reaccionar ante una modificación humana. Estos autores proponen analizar los cambios de cada unidad considerando los aspectos dinámicos reconocidos tradicionalmente por la geomorfología americana; esto es: el 'modelo cíclico' de Davis (*cyclic time*); el concepto del 'equilibrio dinámico' de Gilbert y Hack; y el concepto del 'régimen permanente' (*steady state*), útil para unidades menores.

También según Godfrey y Cleaves (*op. cit.*), la respuesta al cambio en los sistemas abiertos se estudia bajo la óptica de cuatro principios: Le Chatelier, o tendencia a la autorregulación, como variación en el sistema ante un cambio externo tendente a minimizar la modificación; la constancia de los patrones geomórficos; el análisis espacial como sustituto del análisis temporal (principio o hipótesis ergódica); y los conceptos o estados de metaestabilidad y umbral geomórfico. Por tanto la intervención geomorfológica en los procesos de evaluación territorial no es directa, sino que se basa en 'indicadores' de estabilidad, dinámica, etc., y en definitiva en la caracterización del medio en el que se actúa para insertar las actividades de un modo más racional en él. Según esta discusión, los estudios geomorfológicos también debieran intensificar su aportación en el campo de la evaluación territorial.

4.2.3.4. Procesos y riesgos

Aunque tradicionalmente han constituido trabajos sectoriales o independientes, debido a su singularidad metodológica, en realidad forman parte de la planificación integrada siendo un caso particular de evaluación-diagnóstico en términos de "limitaciones de uso" (Aguiló *et al.*, 1992; Pedraza *et al.*, 1996a); esa relación con el planeamiento territorial, aumenta en tanto muchos de estos fenómenos son inducidos.

La deforestación y las prácticas agrícolas a lo largo de la Historia, junto al incremento reciente de la superficie urbanizada y las infraestructuras, han modificado las pautas del régimen hídrico natural haciendo disminuir la infiltración, con el consiguiente aumento de la escorrentía y la producción de sedimentos. Esto ha generado un incremento tanto en la pérdida de suelo por erosión hídrica como de las inundaciones. Las obras públicas y sobre todo las actividades extractivas, además de modificar la escorrentía inducen con frecuencia fenómenos gravitacionales; también la sobreexplotación de acuíferos genera subsidencias y colapsos; etc. Todos éstos, son algunos ejemplos de cómo la actividad antrópica está induciendo muchos riesgos naturales.

Dentro de la planificación integrada, los estudios sobre riesgos naturales constituyen una limitación de uso y se incorporan junto a los de capacidades y vulnerabilidades, incluso en fases posteriores. En realidad, los mapas de riesgos son cartografías de segunda o tercera generación que proceden ya de una evaluación territorial a partir de factores o elementos primarios.

Cabe realizar una última precisión al respecto: es necesario profundizar más en los procedimientos para integrar los análisis de riesgos en la planificación (escalas más adecuadas de realización, figuras legislativas apropiadas, etc.), y no sólo incidir en el desarrollo de metodologías para su caracterización como se ha hecho hasta el momento.

4.2.4. Evaluación de impactos geomorfológicos

Al analizar las aportaciones geomorfológicas a los estudios y evaluaciones de impactos ambientales, es preciso recordar que uno de los procedimientos más conocidos sobre este particular se debe a un equipo de geomorfólogos pertenecientes al Servicio Geológico de los Estados Unidos (Leopold *et al.*, 1971), y fue realizado como complemento metodológico a la NEPA (*National Environmental Policy Act*), de 1969. Una consecuencia directa de este precedente, fue la universalización de la metodología popularizada como 'matriz de impactos de Leopold'; este trabajo dio lugar a una publicación que ha llegado a ser la más ampliamente distribuida por el USGS (*United States Geological Survey*) en toda su historia (ver Nichols, 1982: 286).

No debe resultar extraña esa contribución ya que la EIA es básicamente un proceso ‘predictivo’, es decir, con una dimensión temporal-evolutiva muy propia de las Ciencias de la Tierra. Este campo de conocimientos puede aportar así un enfoque adecuado para interpretar la posible reacción de un territorio ante un uso determinado, introduciendo en este tipo de estudios una perspectiva dinámica (histórica), que permite definir el grado de estabilidad de los medios naturales, así como su posible evolución.

El campo donde más se han desarrollado estos planteamientos sistémicos ha sido el de las obras hidráulicas y su influencia sobre los sistemas fluviales. De hecho, los primeros estudios de EIA (Whitman *et al.*, 1971) estuvieron relacionados con estos aspectos.

Un aspecto que cobra especial interés son los posibles riesgos inducidos por la actividad objeto de EIA, los cuales constituyen un apartado específico en los métodos o procedimientos de estimación general, suponiendo una limitación al uso del territorio (ver Leopold *et al.*, 1971).

Otro aspecto a contemplar es la pérdida de recursos culturales, para lo cual puede ser pertinente la realización de un mapa de lugares o puntos geomorfológicos singulares (figura 4.4). Sin embargo, la consideración exclusiva de riesgos y recursos geomorfológicos como únicos aspectos de esta disciplina a tratar en la evaluación de impactos, sigue siendo una visión limitada; por ejemplo las clasificaciones del relieve son de nuevo muy útiles, al definir unidades territoriales homogéneas sobre las que es posible contabilizar ‘impactos totales’.

Un autor que trata la EIA desde una óptica específicamente geomorfológica es Wolfert (1995), quien llega a definir incluso el concepto de ‘evaluación de impactos geomorfológicos’ (*geomorphological impact assessment*). A nuestro juicio, en dicho trabajo se asumen dos aspectos fundamentales: la consideración —al igual que otros estudios del medio físico que venimos tratando— de la EIA en un contexto pluridisciplinar, según el cual cada especialista evaluaría el impacto relativo a su objeto de conocimiento; y la introducción de criterios objetivos para la valoración los diferentes aspectos (parámetros, variables) geomorfológicos, previamente a considerar la influencia de la actividad (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Algunas variables geomorfológicas con relevancia para la evaluación de impactos sobre el relieve (según Wolfert, 1995).

complejidad	cantidad de elementos geomorfológicos simples que incluye una morfología compleja; se considera que las asociaciones morfológicas más completas tienen mayor valor
representatividad	grado por el que las formas proporcionan información acerca de procesos geomorfológicos; mayor representatividad, mayor valor
rareza	capacidad para ofrecer información no disponible en cualquier sitio; mayor rareza, mayor valor.
condición	próximo a grado de conservación (integridad) frente a degradación; mejor estado de conservación, mayor valor

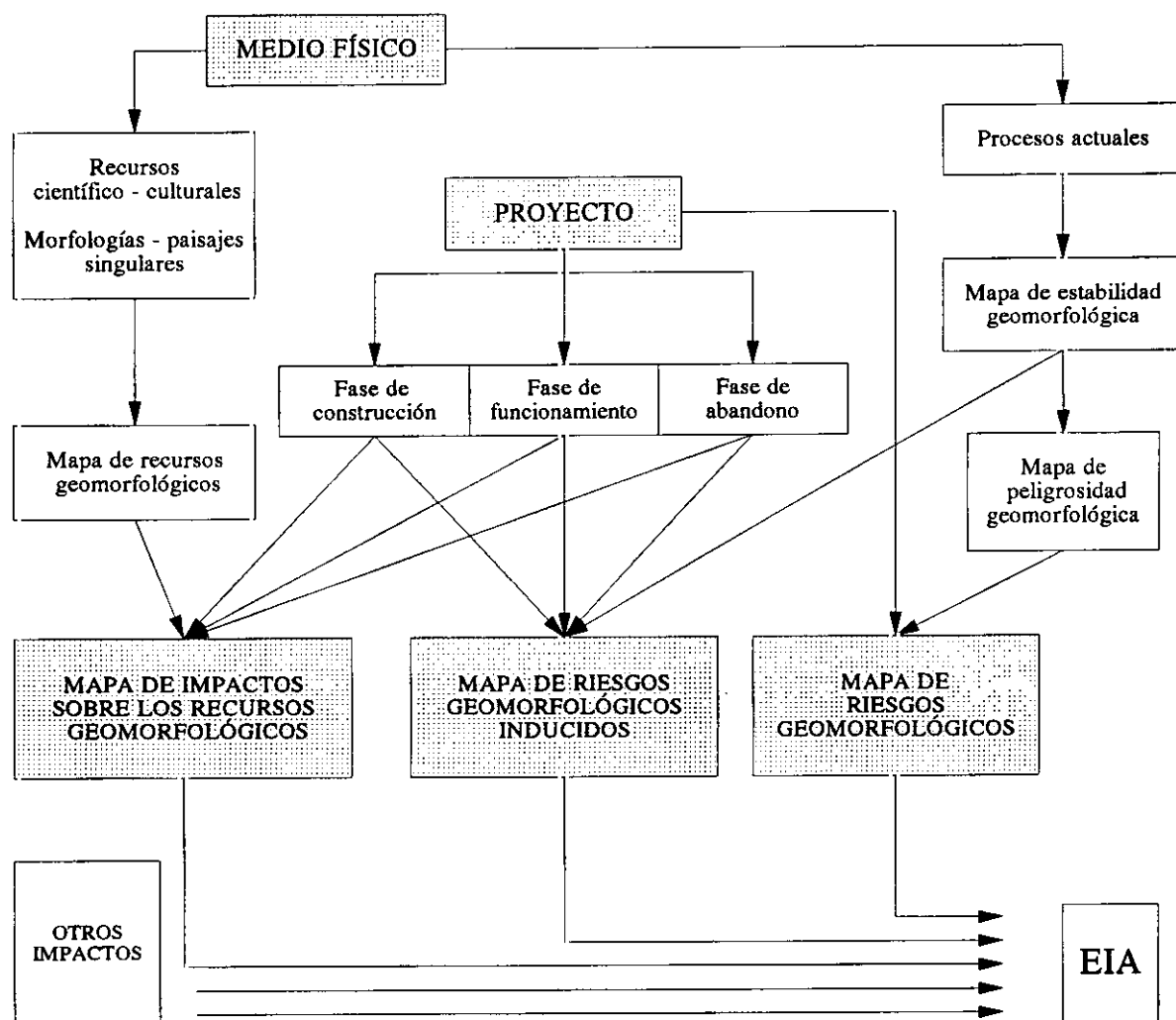


Figura 4.4. Esquema conceptual sobre el papel de la Geomorfología en la evaluación de impactos ambientales (a partir de Panizza, 1988).

A pesar de lo dicho y salvo casos aislados (Panizza, 1988; Wolfert, 1995), la consideración de la EIA ha recibido muy poca atención en la literatura geomorfológica. Una vez más han sido otros profesionales ajenos a esta ciencia, quienes han defendido su utilidad (ver por ejemplo: Díaz Segovia y Ramos, 1991; González Alonso *et al.*, 1991; Aguiló *et al.*, 1992).

4.2.5. Restauración geomorfológica

Recordemos que, a diferencia de aquéllas otras medidas correctoras más puntuales o 'tecnológicas', la restauración ecológica o del paisaje posee una escala de actuación 'territorial'. Ejemplos de actividades que requieren la adopción de este tipo de medidas son las grandes infraestructuras lineales y la minería.

En estos casos la aportación es destacada, ya que muchas afecciones son sobre el relieve. Aquí los criterios geomorfológicos pueden servir para realizar un ‘diseño’ adecuado, tanto de las explotaciones como de su restauración, acorde con la morfología y los procesos del entorno en el que se ubican; también para conocer la capacidad de regeneración de un terreno determinado, o su reversibilidad ante una posible degradación. Normalmente están muy ligados a la posibilidad de desarrollar suelo, y su objetivo final es el establecimiento de un sustrato edáfico y una cobertera vegetal capaces de evolucionar de forma natural. En realidad, se trata de favorecer los procesos de edafogénesis frente a la morfogénesis. En estos casos es posible hablar de verdaderas ‘restauraciones geomorfológicas’ (ver capítulo 8).

Otro gran grupo de espacios susceptibles de restauración a nivel territorial amplio lo constituyen las superficies afectadas históricamente por prácticas agrosilvopastorales y, desde hace varios años, en fase de abandono (Ruiz Flaño, 1993; García Ruiz y Lasanta, 1994; Lasanta y García Ruiz, 1996). En estos casos se busca una ‘renaturalización’ del territorio, la cual tiene lugar con frecuencia sin intervención antrópica; sin embargo, en otros casos precisa de ayuda adicional.

En general, las posibilidades de restauración del terreno pasan por conocer los ‘umbrales de degradación’ o la ‘resiliencia’ de los sistemas afectados.

4.2.6. Geomorfología y estudios sobre paisaje

En principio cabe decir, que los análisis procedentes del campo geomorfológico enfocados al estudio del paisaje también han sido escasos; aun cuando sea comúnmente reconocido que el relieve constituye uno de sus componentes fundamentales y que los procesos geomorfológicos son uno de sus principales formadores.

A pesar de ese absentismo general, la Geomorfología no ha permanecido completamente ajena a este particular; no olvidemos que E. Hernández-Pacheco (1934b) fue pionero en este tema y sus ideas han sido revitalizadas por investigadores tan prestigiosos como A. Ramos Fernández y F. González Bernáldez. Sobre este particular y procedentes de otro contexto sociocultural, merecen destacarse los trabajos de Linton (1968) y Leopold (1969).

A la hora de abordar las relaciones entre el paisaje y la Geomorfología, es preciso tomar como referencia el análisis realizado en el epígrafe 1.2.4. Según el mismo, las principales aportaciones pueden situarse en la denominada Ecología del Paisaje (fisiología o criptosistema), y los estudios fisiográficos (fisonomía o fenosistema).

En cuanto al primer grupo, son varios los autores que consideran la ‘dinámica natural’ del paisaje como esencialmente geomorfológica (Forman y Godron, 1986; Ibáñez, 1986). Esta visión queda bien resumida en la siguiente tesis: “(...) el relieve constituye el ‘esqueleto’ del

paisaje natural y factor condicionante de la dinámica y evolución del mismo" (Sayago, 1982: 169). Y en otro punto: *"a cualquier escala o nivel de percepción, el relieve constituye un factor esencial de la dinámica ambiental, por lo que su caracterización constituye el fundamento de toda clasificación del paisaje natural"* (Sayago, *op. cit.*: 172). La identidad del paisaje en términos histórico-evolutivos fue precisamente la línea defendida por Hernández-Pacheco (1934b):

"es frecuente que cuando se trata de los paisajes de un país, el estudio sea puramente descriptivo, sin entrar en el análisis de la razón de ser del tipo de paisaje, ni menos determinar las causas naturales que le producen. En cambio, se juzga, por lo común, del paisaje por la impresión estética que produce en el que le observa y describe, obteniéndose, frecuentemente, deducciones de índole y carácter totalmente ajenas al paisaje en sí" (Hernández-Pacheco, 1934b: 6)

Respecto al segundo grupo, las aportaciones de los estudios fisiográficos se han considerado tradicionalmente a dos niveles (Pedraza, 1986; Wolfert, 1995). El primero trata de paisajes cuya fisonomía primaria está dominada o determinada por los componentes geomorfológicos; aquí se interpreta el todo (paisaje) por una de sus partes (el relieve); es el caso de los denominados 'paisajes o relieves litológicos' (volcánicos, graníticos o cársticos; ver Pedraza *et al.*, 1996a), como Las Cañadas del Teide (volcánico), La Pedriza de Manzanares (granítico), o las Hoces del río Duratón (fluvio-cárstico), por señalar alguno de los que se sitúan en nuestro entorno. En ellos, la gea llega a ser el elemento predominante y los aspectos geomorfológicos constituyen el principal elemento visual o perceptivo, por encima incluso de la vegetación. Otro tanto sucede, en general, en paisajes áridos o desérticos.

Para Wolfert (*op. cit.*) estos casos constituyen la situación más normal en que las Ciencias de la Tierra se ha ocupado de este tema: únicamente en tanto el relieve puede conformar paisajes singulares, o dignos de protección. También señala el hecho de que sean poco comunes las metodologías integrales para evaluar las cualidades paisajísticas del conjunto del relieve.

Tal razonamiento lleva al segundo nivel referido: la contribución del relieve a la configuración general del territorio. Este enfoque conduce a la Fisiografía y los análisis estructurados del territorio (clasificaciones territoriales), que desde luego no han sido escasos. Los métodos fisiográficos permiten diferenciar y clasificar el territorio por su apariencia (fotografía aérea, imagen de satélite), lo cual posibilita establecer unidades de paisaje como base para su valoración o evaluación. Un ejemplo de cartografía de paisajes que utiliza criterios geomorfológicos y fisiográficos se debe a Bañón *et al.* (1992), que considera: 'dominio geomorfológico', 'posición fisiográfica' y 'fuerza del relieve', junto con 'vegetación y usos', para definir unidades de paisaje intrínsecas.

Pero también los profesionales en Ciencias de la Tierra han participado en la evaluación de la 'estética'. De hecho, dos de los modelos 'objetivos' de evaluación de la calidad visual del paisaje más reconocidos en la literatura internacional, están realizados por geomorfólogos y

en ellos juega un papel especial el relieve: *The Assesment of Scenery as a Natural Resource*, de D.L. Linton (1968), y *Landscape Esthetics*, del omnipresente L.B. Leopold (1969).

Otro autor que incide en este particular es Brush (1981), quien encuentra que existe una relación muy directa entre las preferencias de paisajes y el relieve: los paisajes montañosos, con mayor relieve interno o accidentado, son más preferidos (Brush, *op. cit.*).

Digamos finalmente que los 'análisis de paisaje' otorgan un papel preponderante al relieve de forma casi general. Citaremos como ejemplo el trabajo de Blanco (1979), que diferencia unas unidades de partida, y las define por su fisiografía, complejidad topográfica (anfractuosidad), desnivel, carácter, incidencia visual, y accesibilidad natural.

Todo lo anterior nos lleva a concluir que los estudios sobre paisaje pueden ser uno de los campos a desarrollar en trabajos e investigaciones futuras. Bien en relación con las clasificaciones fisiográficas y evolución o historia del paisaje (vertiente ecológica del paisaje, o Ecología del Paisaje), bien asociados a aspectos puramente analíticos o configuracionales (estudio de elementos y componentes, cuencas visuales, fragilidad y calidad visual, anfractuosidad, etc.). Las clasificaciones fisiográficas pueden ser utilizadas a su vez para elaborar modelos de calidad o fragilidad, o servir como base para reducir la subjetividad en la evaluación de las preferencias (Arnot y Grant, 1981); ver cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Participación geomorfológica en los estudios sobre paisaje (ver figura 1.3; pág. 32).

ESTUDIO	OBJETIVO	UTILIDAD	APORTACIÓN GEOMORFOLÓGICA
Fisiografía	determinación de unidades para su evaluación posterior	- académica, desarrollo regional, ingeniería, planificación territorial	- clasificaciones del relieve
Ecología del Paisaje	diagnóstico en términos dinámicos del "sistema paisaje"	- planificación y gestión territorial	- interpretación desde una perspectiva histórico-natural
Características visuales	análisis de las propiedades visuales	- planificación y gestión territorial	- análisis de las propiedades perceptivas de las formas del terreno
Componentes	determinación de los elementos que forman el paisaje	- planificación y gestión territorial	- análisis de los componentes físicos (abióticos) del paisaje
Cuencas visuales y visibilidad	estudios de intervisibilidad entre puntos	- planificación y gestión territorial	- estudios morfográficos y morfométricos
Modelos de calidad y fragilidad	determinación de los grados de excelencia o susceptibilidad a la degradación	- planificación y gestión territorial	- bases objetivas para la evaluación
Modelos de preferencia	evaluar la percepción	- académica (evaluar los mecanismos de la percepción) - planificación y gestión territorial	- clasificación 'objetiva' de paisajes para reducir la subjetividad en el proceso de evaluar la percepción

4.3. SÍNTESIS. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, EIA, RESTAURACIÓN Y PAISAJE COMO TEMAS PENDIENTES DE LA GEOMORFOLOGÍA AMBIENTAL

La consideración según la cual los estudios del medio físico se basan en el conocimiento del territorio sobre el que se actúa, hace que las Ciencias de la Tierra constituyan un conjunto de conocimientos idóneo para valorar los 'pros' y 'contras' de la implantación o continuidad de las diferentes actividades humanas en el territorio (gestión territorial). En este sentido, es preciso señalar que los estudios ambientales adolecen con cierta frecuencia de perspectivas histórico-naturales.

La Geomorfología Ambiental puede definirse como el conjunto de conocimientos geomorfológicos aplicables a la resolución de los problemas derivados de la utilización del territorio por parte del hombre. Los estudios más conocidos en este campo han sido, y siguen siendo, los riesgos naturales.

Sin embargo, desde nuestro punto de vista esta ciencia debe intensificar su aportación a los trabajos encargados de resolver los problemas derivados de las actuaciones humanas en el territorio (planificación, EIA y restauración); todo ello, por varias razones.

En primer lugar, porque la influencia que el hombre ejerce sobre el medio en amplias regiones (entre ellas la Península Ibérica) es mayor que la recíproca. En segundo lugar porque estos estudios están regulados por normativas específicas y su campo de aplicación es entonces amplio; así sucede con el planeamiento urbanístico (regulado por la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana, R.D.L. 1/1992 de 26 de junio), la conservación de espacios naturales (Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna silvestres), la Evaluación de Impacto Ambiental (R.D. 1131/1988 de 30 de septiembre), o la Restauración del Espacio Natural afectado por actividades mineras (R.D. 2994/1982 de 15 de octubre).

Otro aspecto a destacar es que muchos riesgos asociados a la dinámica exógena en la cuenca mediterránea en general, y en la Península Ibérica en particular, están relacionados con —o al menos amplificadas por— las actividades antrópicas; es decir, son en buena parte 'riesgos naturales inducidos'. De todo ello se deduce que la correcta gestión de los usos reduciría la incidencia de estos procesos, y su tratamiento más idóneo está entonces dentro de la planificación territorial.

Tradicionalmente se ha considerado que la principal aportación geomorfológica a los estudios del medio físico, excluidos los riesgos naturales, era la clasificación territorial. Sin embargo, el conocimiento de la historia evolutiva del relieve y los procesos geomorfológicos permite caracterizar el medio en términos dinámico-evolutivos, es decir: cómo puede reaccionar el territorio ante la implantación o abandono de una actividad humana, o la rehabilitación de

espacios degradados; esta información es esencial para la 'gestión territorial'.

Por último, aun cuando esté reconocido por todos los especialistas en estos temas que las características geomorfológicas juegan un papel decisivo en el paisaje, la participación de esa ciencia en dichos estudios ha sido escasa.

En definitiva: la Geomorfología Aplicada, o Ambiental, debería intensificar sus aportaciones a la resolución de los problemas derivados de las actuaciones humanas en el territorio. Junto a los estudios sobre riesgos naturales, sin duda los más desarrollados, habrá de incidir en trabajos sobre planificación integrada, evaluación de impactos ambientales, restauración ecológica, y paisaje. Todos ellos, presentan grandes posibilidades de aplicación en muchas regiones peninsulares con baja incidencia de los riesgos naturales, y sin embargo con otra problemática recogida en normativas específicas (Ley del Suelo, EIA, restauración de espacios mineros).

El conjunto de esas aplicaciones, incluidos los riesgos, tienen su tratamiento más adecuado dentro de la planificación integrada; ésta precisa de sistemas de análisis cuyo punto de partida son clasificaciones que se apoyan en unidades territoriales homogéneas siendo su rasgo más evidente la fisonomía del terreno. Teniendo en cuenta que la Geomorfología se ocupa de este tema y lo completa con criterios dinámicos y evolutivos, las clasificaciones del relieve son la aportación sintética que hace esta ciencia a los estudios de planificación integrada.

5. CONTRIBUCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA A LA CLASIFICACIÓN-EVALUACIÓN DEL TERRITORIO: PROPUESTA METODOLÓGICA

El objetivo de este capítulo es elaborar un ‘modelo conceptual’, a nivel de propuesta, para estructurar las aportaciones desde el campo de la Geomorfología a los estudios integrados.

5.1. JUSTIFICACIÓN

Como ya se señalara en el Planteamiento, la hipótesis de partida de este trabajo considera que la participación real de la Geomorfología en los estudios del medio físico, no corresponde a lo que cabría esperar teniendo en cuenta sus métodos y contenidos.

Analizada la problemática que deben de resolver dichos estudios (capítulo 1) y los métodos en que se basan (capítulo 2), podemos concluir la importancia de los contenidos geomorfológicos en este campo; así lo ponen también de manifiesto la mayoría de los autores que han trabajado en el tema.

Después de repasar todos aquellos métodos de planificación en los que la Geomorfología ha tenido una participación destacada (capítulo 3), puede extraerse una segunda conclusión: el desfase entre las posibilidades y la participación real de esta ciencia en los estudios integrados, se debe a la ausencia de un método unificado para estructurar la clasificación del relieve y que actúe como ‘guía metodológica’ en los inventarios y evaluaciones territoriales.

Como puede deducirse de los métodos y contenidos de la Geomorfología (capítulo 4), su aportación a los estudios integrados debe realizarse mediante la clasificación del relieve, ya que ésta representa la síntesis de los atributos de la superficie terrestre y aporta una guía taxonómica de primer orden.

Partiendo de esas tesis, nosotros proponemos aquí una clasificación que trata de enfocar este problema; para ello, se basa en los siguientes axiomas:

- Todos los aspectos geomorfológicos de la superficie terrestre (morfografía, morfogénesis, y morfoevolución), deben quedar sintetizados en una clasificación del relieve. Éste es un

objetivo prioritario en la Geomorfología básica y no, como a veces se ha entendido, una de las aplicaciones posibles de sus contenidos.

- En las numerosas clasificaciones (llamadas fisiográficas, geomorfológicas, del relieve, territoriales, geográficas, etc.) realizadas hasta el momento, no ha habido una preocupación prioritaria para lograr o acordar un principio básico de toda ciencia: la 'unidad taxonómica'. Para conseguir ese objetivo, habrá de profundizarse en los "niveles de organización" que presenta el territorio y, en consecuencia, establecer las jerarquías y nomenclaturas unificadas que corresponda.

- Muchos de estos problemas son debidos a razones metodológicas: buena parte de esas clasificaciones nacieron con fines aplicados y por ello dan prioridad a los aspectos funcionales sobre los conceptuales. En consecuencia, la estructuración del relieve (niveles jerárquicos) queda determinada *a priori* por la utilidad de la clasificación, cuando realmente debería seguirse el procedimiento contrario: estructurar el relieve de acuerdo con sus características intrínsecas (clasificaciones metodológicas y conceptuales) y realizar *a posteriori* las oportunas acomodaciones para su aplicación.

- Otros problemas son debidos a razones coyunturales. El hecho de que la Geomorfología sea estudiada desde ámbitos académicos diferentes, ha condicionado en gran medida los enfoques metodológicos. En lo referente a las clasificaciones territoriales, ello queda manifiesto en la presencia de dos aproximaciones: la eminentemente configuracional (vía geográfica) y la eminentemente genética (vía geológica). Entendemos que la Geomorfología participa de ambos contenidos o aspectos, y esto debe ser asumido por toda clasificación del relieve terrestre.

- Una clasificación aplicada debe de tener en cuenta, prioritariamente, los problemas que trata de resolver y, en consecuencia, adecuar su estructura a los mismos.

De acuerdo con estas premisas podemos concluir que: las aportaciones de la Geomorfología a los estudios integrados deben realizarse mediante la clasificación sintética del relieve, es decir, unificando lo configuracional y genético; dentro de lo posible y aunque de momento resulte difícil, deberán tender a un mínimo acuerdo taxonómico mediante la jerarquización oportuna; al tratarse de una clasificación para fines aplicados, esa jerarquización habrá de adecuarse a los objetivos propuestos, es decir, partir de un trabajo metodológico y reestructurarlo según indique la problemática existente.

La propuesta que aquí hacemos trata de ser congruente, dentro de lo posible, con las tesis anteriores, es decir: define los niveles jerárquicos según los condicionantes intrínsecos que marca el relieve, considera el ámbito de aplicación según las repercusiones territoriales derivadas de la problemática ambiental y, en consecuencia, establece las correlaciones correspondientes.

5.2. FUNDAMENTO

Una clasificación es un sistema de organización u ordenación de la realidad a distintos niveles de abstracción; si dentro de ella los niveles superiores limitan y controlan el grado de información de los inferiores, está jerarquizada (Allen y Starr, 1982). Ya se señaló cómo el establecimiento de escalas jerárquicas en el medio natural depende en buena parte de los objetivos, pues la información es susceptible de ser clasificada a diferentes niveles: una clasificación es una herramienta, no un fin en sí misma (Hammond, 1954); son siempre una interpretación de la realidad y por tanto dependen en gran medida de los criterios y objetivos del clasificador (Wright, 1972). Es preciso insistir en este particular, y asumirlo: las clasificaciones no son sino abstracciones de la realidad.

Dado que el objetivo de nuestra propuesta pretende estructurar de algún modo la participación geomorfológica en estudios integrados, este epígrafe trata de correlacionar unas ‘categorías geomorfológicas’ con niveles en que tienen incidencia los problemas territoriales o ambientales. Ese planteamiento enlaza con la filosofía básica de la planificación integrada: llegar a una relación adecuada entre las dinámicas del medio natural y del medio social (figura 5.1).

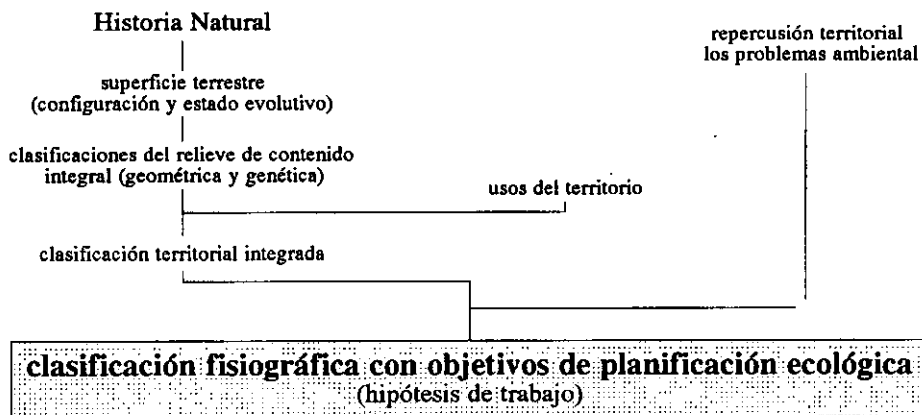


Figura 5.1. Fases a seguir en el desarrollo de una clasificación del relieve con objetivos de planificación integrada.

5.2.1. Categorías geomorfológicas o del relieve

El conjunto de clasificaciones fisiográficas recogidas en la literatura (ver cuadro 4.3), utilizan una serie de criterios a la hora de clasificar el medio a diferentes niveles. Aun cuando exista una notable dispersión en cuanto al número de categorías y bases para su definición, un análisis minucioso de las taxonomías más próximas a la Geomorfología recoge o asume unos criterios ‘comunes’ o ‘básicos’ a prácticamente todas ellas. Esos criterios son: a pequeña escala (grandes unidades), la naturaleza geológica y estructural; a escala regional, los criterios morfoestructurales (orográficos), derivados de la evolución geomorfológica; a escala comarcal los criterios geométricos (relieve) y genéticos (morfogénesis); por último, a nivel local es decisiva la uniformidad morfográfica (elementos básicos del relieve), y morfodinámica

(procesos actuales). Apoyándonos en todas esas aportaciones e introduciendo alguna precisión, consideramos que las categorías básicas para organizar la información geomorfológica son cuatro:

- Primera. Es el referente evolutivo a escala temporal y puede definirse como: conjunto de caracteres que confluyen en un territorio y han consolidado a lo largo de su historia geológica; son las grandes regiones geológicas del Planeta. Normalmente se han citado como 'grandes estructuras corticales', 'grandes morfoestructuras', 'divisiones fisiográficas', etc.

Cuadro 5.1. Correlación entre distintas categorías geomorfológicas (ordenación cronológica aproximada).

REFERENCIAS	ámbito local	ámbito comarcal	ámbito regional		grandes regiones	ámbito continental
<i>Fenneman (1916, 1928)</i>			<i>district</i>	<i>section</i>	<i>province</i>	<i>major division</i>
<i>Wooldridge (1932)</i>	<i>facet</i>					
<i>Linton (1951)</i>	<i>site</i>	<i>stow</i>	<i>tract</i>	<i>section</i>	<i>province</i>	<i>division</i>
<i>CSIRO (Christian, 1958; Christian y Stewart, 1968)</i>	<i>site</i>	<i>land unit</i>	<i>land system</i>		<i>complex land system</i>	
<i>Oxford-MEXE Beckett y Webster (1965) Brink et al. (1966)</i>	<i>land element</i>	<i>land facet</i>	<i>land system</i>	<i>land region</i>	<i>land province</i>	<i>land division</i>
<i>PUCE (Aitchison y Grant, 1967, 1968)</i>	<i>terrain component</i>	<i>terrain unit</i>	<i>terrain pattern</i>	<i>terrain province</i>		
<i>Pecsi y Somogyi (1969)</i>	<i>morphofacies</i>	<i>geomorph. microregion</i>	<i>geomorph. mesoregion</i>	<i>geomorph. macroregion</i>	<i>geomorph. macroarea</i>	<i>geomorph. megaarea</i>
<i>Godfrey (1977)</i>	<i>topographic element</i>	<i>land type</i>	<i>subsection land type group</i>	<i>section</i>	<i>province</i>	
<i>Pedraza (1978)</i>	<i>elemento geomorfológico</i>	<i>unidad geomorfológica</i>		<i>conjunto geomorfológico (orden inferior)</i>	<i>conjunto geomorfológico (orden superior)</i>	<i>conjunto geológico</i>
<i>Pedraza y Garzón (1978)</i>	<i>elementos del relieve</i>	<i>dominios del relieve</i>			<i>conjuntos geológicos</i>	
<i>ITC (Van Zuidam y Van Zuidam, 1979)</i>	<i>geomorph. detail</i>	<i>geomorph. unit</i>	<i>main geomorph. unit</i>	<i>geomorphological province</i>		
<i>Sayago (1982)</i>	<i>faceta del relieve</i>	<i>unidad geomorfológica</i>	<i>asociación geomorfológica</i>	<i>región geomorfológica</i>	<i>provincia geomorfológica</i>	
<i>Cendrero y Díaz de Terán (1987)</i>	<i>elemento morfodinámico</i>	<i>unidad morfodinámica</i>	<i>sistema morfodinámico</i>	<i>ambiente morfodinámico</i>		
<i>Godfrey y Cleaves (1991)</i>	<i>zone</i>	<i>area</i>	<i>district</i>	<i>section/region</i>	<i>province</i>	<i>major division</i>

1) El establecimiento de escalas aproximativas para cada nivel presenta dificultades, en tanto se trata de clasificaciones realizadas para ámbitos geográficos muy distintos. Por ejemplo, las unidades definidas para Estados Unidos o Australia tienen una extensión mucho mayor que las cartografiadas en Europa con los mismos criterios.

- Segunda. Es el referente a escala espacial y puede definirse como: porción del relieve terrestre que mantiene tal unidad fisonómica o configuracional como para ser un indicador fisiográfico-orográfico; o también, conjunto de caracteres sintéticos que permiten establecer relaciones de distribución (o geográficas) entre todos los componentes de la superficie terrestre. Normalmente se han citado como 'regiones morfoestructurales', 'provincias fisiográficas', 'grandes unidades orográficas', etc.

- Tercera. Es el referente genético y morfográfico, y puede definirse como: porción del relieve terrestre que muestra una geometría uniforme pero compleja (articulación de formas elementales definiendo patrones homogéneos), debida a un sistema de procesos característico. Es la unidad o 'taxón' tipo en Geomorfología, y se ha denominado como 'unidad geomorfológica', 'tipos de relieve', 'de terreno', 'patrón de terreno', etc.
- Cuarta. Es el referente morfométrico y dinámico, y puede definirse como: porción del relieve terrestre que muestra una geometría uniforme y sencilla (no es subdivisible en formas de menor rango, aunque sean geometrías compuestas); también se incluye aquí el dominio territorial que alberga los agentes de la dinámica terrestre (básicamente exógena). Normalmente se han citado como 'elementos geomorfológicos', 'facetas', 'elementos topográficos', etc.

5.2.2. Problemática ambiental y ámbitos territoriales de actuación

Los problemas derivados del uso del territorio se manifiestan a unas determinadas escalas; y son esos ámbitos los que precisan intervenciones adecuadas.

De Pablo *et al.* (1984; en Díaz Pineda y Nicolás, 1987) distinguen una gradación en el tratamiento de la información ambiental (figura 5.2). Para nuestros objetivos y en consonancia con lo dicho anteriormente, interesa destacar de este esquema el diferente grado de abstracción que requiere la información ambiental según la escala territorial: las locales precisan identificación y descripción de problemas; las regionales, simulación de la dinámica en grandes unidades naturales (equivalentes a unidades fisiográficas); y el ámbito estatal, políticas globales en función de las características naturales del territorio.

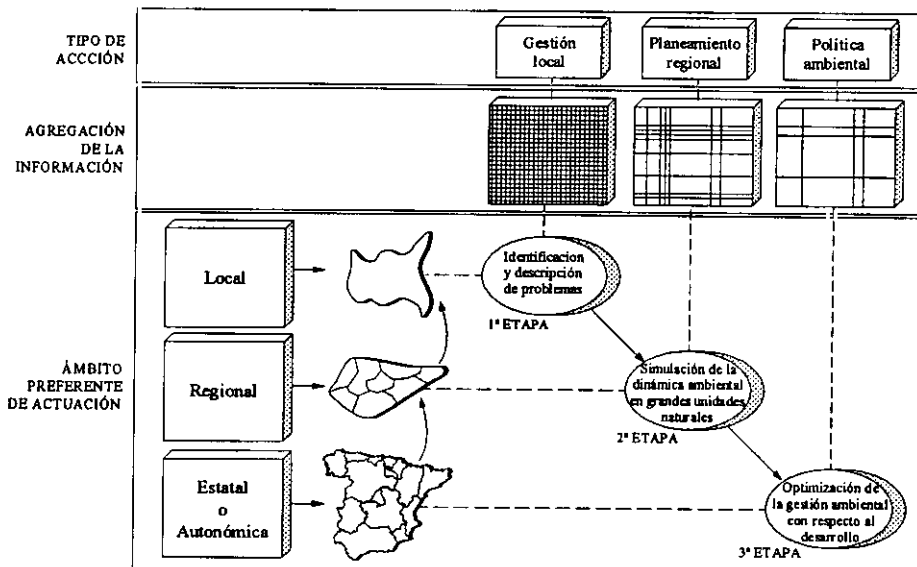


Figura 5.2. La información ambiental considerada bajo distintas perspectivas y ámbitos de actuación (según De Pablo *et al.*, 1984; en Díaz Pineda y Nicolás, 1987).

Con independencia de las normativas legales que los ejecuten y de las figuras concretas que los regulen, la literatura recoge de forma más o menos estandarizada unos "ámbitos territoriales de actuación o planificación", cada uno de los cuales tiene unos fines diferentes y requiere distinto detalle y profundidad en los análisis. Por ejemplo, Bartkowski (1979; en Aguiló *et al.*, 1992) distingue: global, nacional, regional y local, correlacionando cada uno de ellos con el nivel de detalle y carácter de la información requeridos (figura 5.3). Asimismo Lüttig (1987) señala una serie de niveles de planificación (internacional-nacional, regional, local-detallado y proyectos) y los equipara con las escalas más comunes de mapificación (figura 5.4); cada uno de ellos tiene una problemática y metodología propias. También Cendrero (1989a) ha incidido en este razonamiento, señalando: 'nivel macro', en el cual se utilizan datos generales y se requieren programas y políticas ambientales; 'nivel meso' o regional, en el que cabe establecer capacidades y limitaciones para distintas actividades; y 'nivel micro', local o de proyectos (minería, urbanización, etc.), que requiere estudios y análisis específicos.

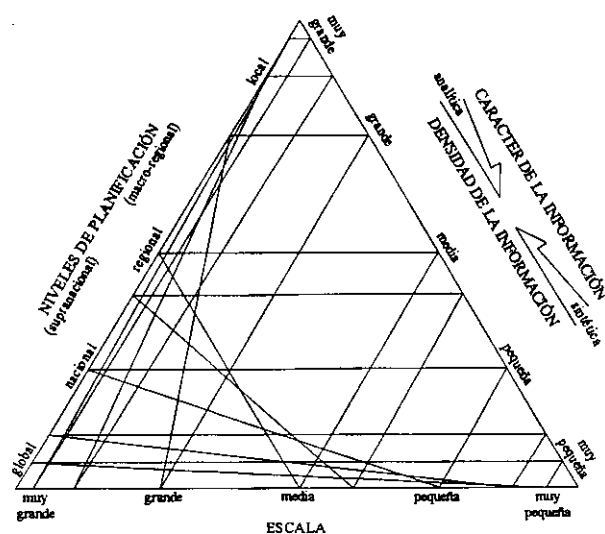


Figura 5.3. Relaciones entre escalas de los mapas, cantidad de información y nivel de la planificación. Según Bartkowski (1978; en Aguiló *et al.*, 1992).

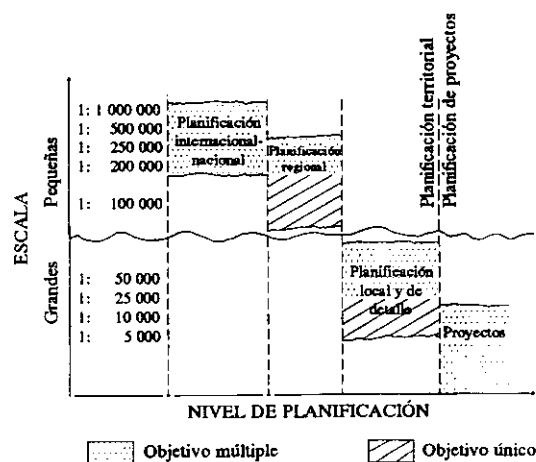


Figura 5.4. Relación entre niveles de planeamiento y escalas de los mapas (según Lüttig, 1987; en Cendrero, 1989b).

La Carta Europea de Ordenación del Territorio (ver Aguiló *et al.*, 1987; Enériz, 1991) reconoce también el necesario principio de jerarquización en la planificación territorial, que vincula las decisiones de los niveles inferiores a las superiores. Dichos niveles y sus funciones son:

- Europeo. Le corresponde la coordinación de las políticas globales para mantener el equilibrio en su ámbito. Las decisiones se basan en el interés general.
- Nacional. Le corresponde la coordinación de las distintas políticas de ordenación del territorio, y entre los objetivos nacionales y regionales.
- Regional. Es considerado el marco más apropiado para el desarrollo de la ordenación y planificación territorial, teniendo la función de coordinar las actuaciones de rango superior, y hacerlas efectivas al nivel local.
- Local. A través del urbanismo municipal, es el encargado de ejecutar materialmente la planificación territorial. Deberá tener en cuenta para ello los intereses de las ordenaciones regional, nacional y europea.

En definitiva, esa forma de organizar el planeamiento y la información ambiental responde a la ya señalada posibilidad de jerarquizar el territorio y la incidencia de los problemas sobre el mismo, utilizando de nuevo diferentes niveles de abstracción para cada nivel.

Así pues, y a pesar de las dificultades para su concreción, es posible jerarquizar los problemas ambientales según su incidencia territorial. Independientemente de las figuras y normativas administrativas que tratan de minimizar esos problemas, deberá establecerse una escala de los mismos a partir de parámetros cualitativos y cuantitativos: evolución histórica, repartición geográfica, intensidad, tipo, etc. Una tentativa de ello es la que presentamos a continuación:

- *Problemas globales*

Día a día se está demostrando que los denominados ‘problemas globales’ no son una mera formulación teórica, sino realidades concretas: lluvia ácida, erosión-desertización, posible calentamiento global inducido, por no entrar en cuestiones más opinables —pero obvias— como el desequilibrio Norte-Sur, etc. Todos ellos son temas que exigen un enfoque pluriestatal o internacional, tratando de evitar efectos inducidos por ‘terceros’; es decir, repercusiones sobre un territorio de las actividades generadas por sociedades extrañas al mismo.

Hasta cierto punto ese tipo de ‘costes’ deberían estar normalizados mediante enfoques territoriales que pueda evaluar la escala supraestatal. Se trata en estos casos de eliminar el ‘factor frontera’ y ajustarse a planteamientos que gestionen el territorio teniendo en cuenta sus características naturales.

En realidad y aun cuando se hable de problemas globales, lo cierto es que sus repercusiones tienen lugar a niveles de tipo 'regional a pequeña escala' (grandes territorios) o zonal: erosión-desertización en la franja del Sahel, deforestación en la cuenca del Amazonas, posible anegamiento de zonas costeras por subida del nivel del mar, problemas de contaminación atmosférica, desequilibrios hídricos, etc.

A esta escala es importante considerar dos cuestiones: una es la dimensión histórica de los problemas (factor acumulativo); otra la dimensión tecnológica (factor cuantitativo).

Respecto a la primera, muchas modificaciones del territorio son inicialmente 'poco incisivas' y diseminadas; sin embargo, la persistencia de las mismas a lo largo de los tiempos históricos multiplica su repercusión con efectos destacables. Buen ejemplo de ello es la cultura mediterránea y las transformaciones asociadas: deforestación, salinización de suelos, pérdida de biodiversidad, etc.

Respecto a la segunda, determinadas manipulaciones hechas posible gracias a la sociedad 'altamente tecnificada' son aplicadas localmente, sin embargo sus efectos pueden llegar a tener repercusiones globales. Buen ejemplo de ello es la lluvia ácida y, aunque más dudoso, la desertización inducida por cambios climáticos.

- Problemas regionales

En un nivel intermedio se sitúan toda una serie de problemas que, sin llegar a tener una repercusión global clara, traspasan el ámbito meramente local. En realidad, muchos de ellos no son más que un estado 'incipiente' de algo que puede llegar a ser global si no se controla adecuadamente; o también, la materialización concreta y peculiar de algo global en una porción de territorio. La dificultad para acordar cuál es realmente el ámbito territorial que comprende una región, no permite precisar más respecto a este tema. Ciertamente, un 'problema regional' es aquél que traspasa el ámbito local y se manifiesta a lo largo de un espacio heterogéneo, por lo cual es frecuente subdividir este nivel en dos: regional y comarcal.

Ejemplos de este tipo de problemas son: transformación de áreas de montaña, gestión de cuencas hidrográficas o sobreexplotación de acuíferos, reforestaciones, urbanización de franjas costeras, grandes infraestructuras, efectos derivados de metrópolis en sus *hinterlands*, etc.

- Problemas locales

Se trata de efectos que no sobrepasan el ámbito de un territorio homogéneo (limitación espacial) y analizados en un contexto histórico acotado (limitación temporal). Su incidencia en el territorio produce lo que se ha considerado como 'impactos localizados'; ejemplo de ello son los efectos producidos por: urbanización, minería, agricultura intensiva, infraestructuras localizadas, vertederos, etc.

5.3. PROPUESTA PARA LA CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO A PARTIR DE UNIDADES DEL RELIEVE

Teniendo en cuenta las pautas o criterios de clasificación de las diferentes jerarquizaciones geomorfológicas (cuadro 5.1), llevamos a cabo una propuesta para la clasificación del relieve según las cuatro categorías básicas preestablecidas. Esos niveles ya estaban reconocidos en la clasificación de Pedraza (1978) cuya utilidad con objetivos prácticos de planificación territorial y estudios del medio físico se ensayó por Pedraza y Garzón (1978), Bartolomé *et al.* (1980), Lafuente *et al.* (1981), Pedraza (1982) y Pedraza *et al.* (1986).

La ventaja principal de este método es que unifica los aspectos configuracionales o geográficos con los genéticos o geológicos, en tanto se asume que los primeros deben su fisonomía a los segundos. Estas ideas parten de Davis (1899b) y fueron estructuradas luego por Fenneman (1916, 1928); posteriormente son utilizadas por Wooldridge (1932), Linton (1951) o Wright (1972), Godfrey (1977), Godfrey y Cleaves (1991), entre otros.

Para su utilización con fines aplicados, es necesario insistir de nuevo en el ‘amplio’ sentido que se otorga a la unidad geomorfológica en la literatura norteamericana: parámetro complejo, que aglutina litología, estructura, forma y procesos (pasados y actuales); es decir, el resultado de la actuación de unos procesos geomorfológicos sobre un sustrato geológico a lo largo de la historia de la Tierra. Estas unidades presentan unas características genéticas y configuracionales homogéneas, donde quedan contenidos los parámetros ‘aplicables’ de la gea.

Esta filosofía de trabajo, enlaza con la de las primeras clasificaciones fisiográficas realizadas en la Península Ibérica por Dantín Cereceda (1912, 1922, 1942) y Hernández-Pacheco (1934a, 1955-1956). Se trataría así de actualizar esas bases y clasificaciones con objetivos de planificación ecológica.

Con esta base de partida y teniendo en cuenta las conclusiones reflejadas en los apartados previos (5.1 y 5.2), consideramos que una clasificación que pretenda definir unidades territoriales debe de cumplir los siguientes requisitos:

- Hacer posible la construcción de una escala jerárquica, y ser sencilla en el número de categorías.
- Basarse en atributos evidentes de la superficie terrestre, los cuales pueden cumplir una función similar a los horizontes, propiedades y caracteres de diagnóstico de las clasificaciones edáficas más comunes (USDA, 1975; FAO, 1991). La naturaleza de esas propiedades es distinta para cada nivel, y los criterios que mejor discriminan en cada uno son los ya reflejados al analizar los fundamentos (ver epígrafe 5.2.1).
- Tener una base configuracional y genética que permita las correlaciones globales y particulares entre los diferentes niveles de la escala; pero al mismo tiempo ser flexible en

los planteamientos conceptuales, en tanto se trata de una clasificación cuyas unidades representan *per se* la práctica totalidad de los atributos del territorio o, en su caso, se van a integrar con otros elementos para adquirir esa representatividad.

- Prescindir de nomenclaturas regionales, al objeto de poder ser generalizable a cualquier espacio.
- Establecer unidades cuyos límites sean fácilmente identificables y tengan cierta permanencia en el tiempo, aportando a la planificación integrada una base de referencia para el análisis temporal bajo diferentes condicionantes socioeconómicos (cambios de uso en el territorio); ese detalle es básico en planificación integrada o ecológica, en tanto su filosofía trata de adecuar las demandas sociales a las características del territorio.

Las características de cada uno de los niveles taxonómicos y los criterios para su clasificación, son los siguientes:

5.3.1. Regiones físico-geológicas

Equivalen a las *major divisions* de Fenneman (1916, 1928) y Godfrey y Cleaves (1991), y a los 'conjuntos geológicos' de Pedraza (1978).

- Características del nivel jerárquico

El término 'físico' hace referencia a la expresión de esas estructuras litosféricas en la superficie terrestre, y 'geológico' al significado evolutivo del conjunto (litoestructuras). Se trata de las unidades básicas en que se subdividen los continentes (corteza continental), definiendo las grandes regiones morfoestructurales del Planeta: orógenos, cratones (escudos y plataformas), cuencas sedimentarias (figura 5.5). Permiten por tanto correlaciones histórico-evolutivas a nivel global de la Tierra.

Dichas unidades están controladas por la tectónica de placas, y constituyen 'ciclos geológicos' responsables de: las grandes estructuras corticales (cadenas montañosas); su arrasamiento (escudos); acumulación de materiales en depresiones (cuencas sedimentarias); y formación de productos geológicos que tomarán parte en los nuevos ciclos evolutivos. En definitiva, el criterio para clasificar regiones físico-geológicas lo otorga la historia geológica (tabla 5.3)

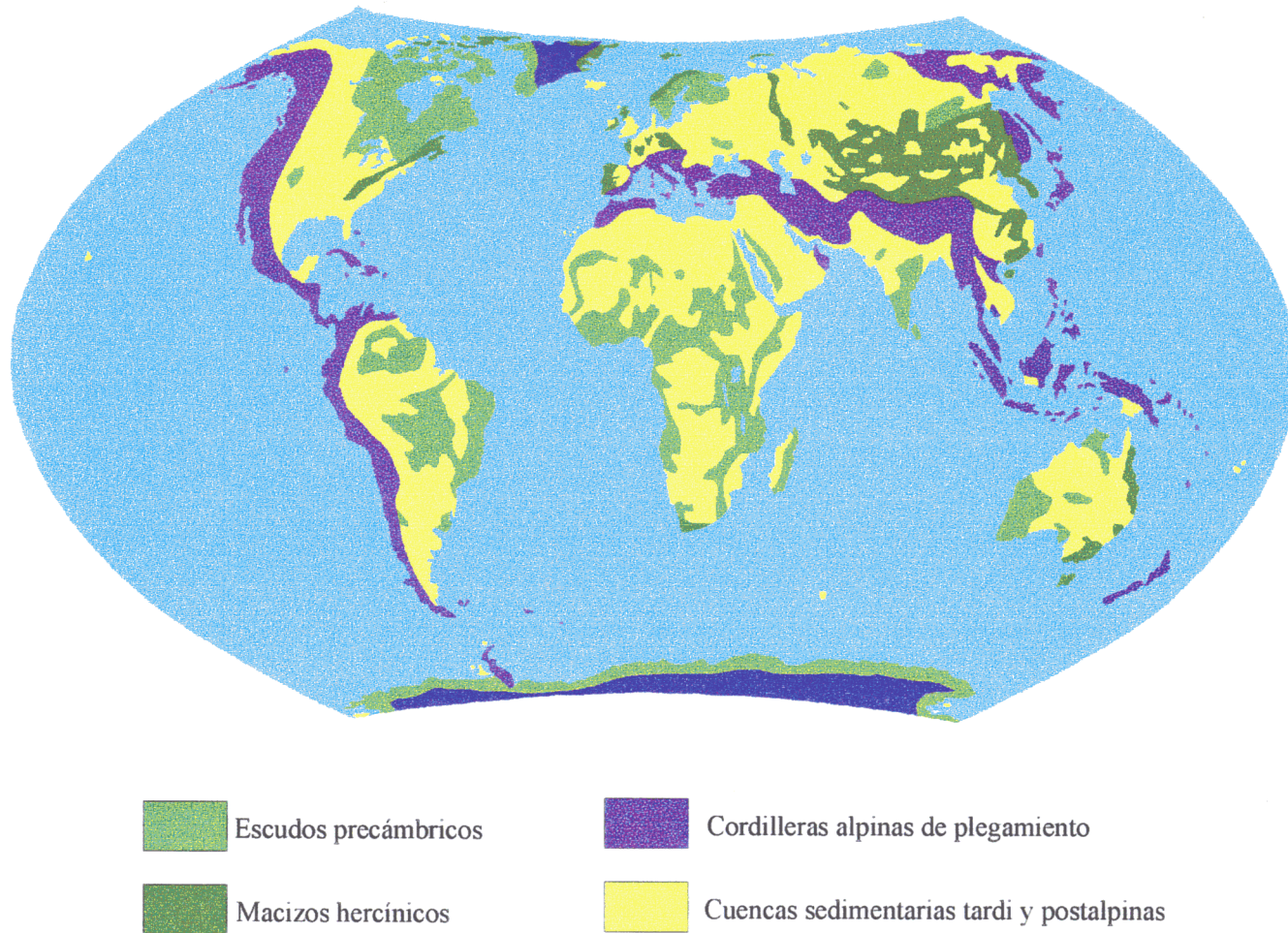


Figura 5.5. Grandes regiones estructurales del Planeta. Modificado a partir de Coque (1997)

Tabla 5.3. Nomenclatura para la categoría de 'regiones físico-geológicas' (G).

PROCESOS (HISTORIA GEOLÓGICA)	RESULTADO (morfoestructuras continentales)	G
orogenias prehercínicas	escudos	p
orogenia hercínica	macizos antiguos	h
orogenia alpina	cordilleras de plegamiento	a
erosión de los sistemas montañosos alpinos	cuencas sedimentarias	c

Se toma como punto de referencia las grandes orogenias entendidas éstas en un sentido global, es decir (Pedraza, 1978): implican unos rasgos previos (etapas de litogénesis sedimentaria), establecen otros característicos (etapas de tectogénesis y petrogénesis endógena), y condicionan la evolución posterior (etapa de morfogénesis).

El orden de permanencia de estas unidades oscila entre las decenas y centenas de millones de años, y su estudio más adecuado se lleva a cabo en términos de grandes ciclos (*cyclic time*).

Respecto a lo señalado hasta el momento, es necesario precisar que la evolución geológica no hace referencia únicamente al carácter petrogenético, sino al conjunto de su historia geológica; por ejemplo, la zona axial del Pirineo es hercínica, y por tanto sus características litológicas son similares a las del conjunto hercínico; sin embargo, la evolución de esos conjuntos durante el Mesozoico fue bien distinta: sustrato de cuenca sedimentaria en el primer caso y arrasamiento en el segundo; esos diferentes 'caminos evolutivos' tienen gran influencia en la configuración morfológica final. Pedraza (1978) resolvió este problema introduciendo el contexto 'espacial', distinguiendo entre conjuntos 'individualizados' y 'englobados'.

- Método de trabajo: procedimiento para la clasificación

Las regiones físico-geológicas se delimitan por síntesis y reagrupamiento a partir de cartografías geológicas a pequeña escala, y su descripción es esencialmente bibliográfica.

Actualmente, la imagen de satélite ofrece criterios muy precisos para su cartografía: la información recibida en forma de radiación electromagnética permite realizar clasificaciones por procedimientos automáticos.

5.3.2. Regiones geomorfológicas

Se sitúan en un nivel equivalente *grosso modo* a las 'provincias' (*provinces*) y 'secciones' (*sections*) de Fenneman (1916, 1928), adoptadas posteriormente por Godfrey y Cleaves (1991)

con objetivos aplicados; se corresponden también con los 'conjuntos geomorfológicos' de Pedraza (1978), definidos como porciones de la superficie terrestre determinadas por una asociación de formas, que poseen un paralelismo evolutivo dentro de la historia terrestre, y constituyen grandes morfoestructuras. Serían equiparables a su vez con lo que otras clasificaciones denominan 'tipos de relieves' o 'regiones morfoestructurales'.

- Características del nivel jerárquico

Constituyen unidades orográficas de primera magnitud: elevaciones, valles y depresiones, superficies y llanuras.

Las regiones geomorfológicas son resultado o expresión de la dialéctica entre las dinámicas geológica y climática a lo largo de la historia natural de una región (interacción dinámica entre procesos endógenos y exógenos); la configuración resultante depende del predominio de una u otra dinámica. Esos factores genéticos del relieve (geológicos y climáticos) han actuado asociados durante periodos de tiempo amplios (centenas de miles de años a unidades de millones) y el resultado final deriva de la preponderancia de alguno de ellos.

Por tanto se consideran a este nivel unidades con un patrón de relieve (morfoestructuras, orografías o fisiografías), derivado de una evolución geomorfológica común (tabla 5.4).

Tabla 5.4. Nomenclatura para la clasificación de 'regiones geomorfológicas' (M).

MACRORRELIEVE (OROGRAFÍA)	M
elevaciones orográficas	e
depresiones, fosas, corredores y valles	d
llanuras, planicies, plataformas	s

En principio, las regiones ffsico-geológicas llevan asociadas unas regiones geomorfológicas determinadas: regiones alpinas-elevaciones orográficas, y macizos hercfnicos superficies de erosión, o planicies. Sin embargo, esto no siempre sucede así: no todas las regiones ffsico-geológicas hercfnicas son superficies de erosión (por ejemplo: el Sistema Central), y no todas las regiones ffsico-geológicas alpinas son cordilleras (por ejemplo: los relieves mesozoicos del borde norte del Sistema Central, modelados como superficies de erosión).

La superposición de las regiones geomorfológicas y ffsico-geológicas, es la que otorga un sentido genético al conjunto y permite diferenciar unidades orográficas de distinta naturaleza. Sin embargo, lo realmente importante para objetivos aplicados es la configuración. Así, las regiones geomorfológicas permiten establecer todo tipo de relaciones entre las formas del terreno y otros factores (clima, estructura geológica, litología o tipo de material, vegetación

y usos antrópicos), es decir: relaciones de distribución entre los elementos que configuran la superficie terrestre (correlaciones geográficas).

- Método de trabajo: procedimiento para la clasificación

Las regiones geomorfológicas se delimitan a partir de análisis morfotopográficos a pequeña escala, definiendo los contrastes generales y las grandes unidades del relieve; estos análisis pueden llevarse a cabo por procedimientos manuales (a partir del mapa topográfico), o bien automáticos (utilizando modelos digitales del terreno).

En general, las regiones geomorfológicas de la Península derivan de su evolución geológica más reciente (cenozoica); para su descripción genética es necesario por tanto un análisis bibliográfico sobre Geomorfología a escala regional.

5.3.3. Dominios del relieve

Equivalen aproximadamente a las ‘regiones’ y ‘distritos’ de los fisiógrafos norteamericanos (Fenneman, 1916, 1928; Godfrey y Cleaves, 1991), a la ‘unidad geomorfológica’ de Pedraza (1978) y a los ‘dominios del relieve’ de Pedraza y Garzón (1978), del cual toma el nombre. Son también correlacionables con los ‘sistemas morfogenéticos’ o ‘dominios geomorfológicos’ de otras clasificaciones.

- Características del nivel jerárquico

Se considera un dominio del relieve: porción territorial de morfología compleja (subdivisible en unidades de menor rango, tanto a nivel geométrico como genético), y originada por un sistema de procesos que han actuado según una sucesión determinada a lo largo del tiempo. Tal sucesión conduce a una asociación de formas articuladas entre sí, definiendo un patrón o estructura homogénea del relieve. Esa homogeneidad deriva del predominio de uno de los factores geomorfológicos (sean dinámicos o estáticos) sobre el resto; dicho factor es el que impone sus rasgos morfológicos característicos en el conjunto del dominio, haciéndole aparecer como una geometría ‘congruente’; es decir, se ajusta a un patrón definido (superficie de erosión, por ejemplo), y articulado por elementos geométricos básicos menores (facetas).

Estos razonamientos destacan los aspectos evolutivos del terreno, es decir su historia geomorfológica; pero esa historia condiciona a su vez sus características configuracionales. Los dominios del relieve son pues asociaciones de formas y procesos ligados por relaciones genéticas y espaciales.

El estudio de los dominios debe hacerse en términos de equilibrio dinámico y sistemas geomórficos, y su escala temporal oscila en torno a las centenas de miles de años.

- *Método de trabajo: procedimiento para la clasificación*

En los niveles anteriores la clasificación ha seguido un método deductivo. Ese procedimiento ha sido posible porque los conocimientos necesarios para obtener regiones físico-geológicas y geomorfológicas entraban en el campo de lo 'general'; es decir, información fácilmente interpretable por no expertos. Lo mismo sucede con otras ciencias: por ejemplo, las grandes formaciones vegetales son reconocibles y utilizables por profanos; sin embargo, las asociaciones vegetales de detalle son difíciles de establecer sin la participación de especialistas.

Así pues, la compartimentación de las regiones geomorfológicas en dominios del relieve siguiendo procedimientos de subdivisión (método deductivo), presenta problemas si queremos mantener cierto rigor informativo; ello se debe a que es necesario tener un conocimiento más detallado sobre la génesis del territorio para proceder a su sistematización. En consecuencia, la clasificación debe llevarse a cabo siguiendo procedimientos de asociación a partir del análisis geomorfológico detallado (método inductivo).

El procedimiento concreto consiste en determinar cómo están asociadas espacialmente las formas elementales del relieve, y cuál es el factor o proceso determinante en la configuración del conjunto (tabla 5.5). Se trata entonces de realizar una síntesis a partir del análisis geomorfológico; caso de no existir, se hace preciso su elaboración previa a cualquier trabajo aplicado.

Esta escala es la habitual para trabajos de investigación en Geomorfología básica, y se trata de un nivel esencialmente genético (asociaciones morfológicas que sirven para interpretar las formas del terreno). Sin embargo, el acomodo de esta información para necesidades prácticas requiere dar de nuevo prioridad a la configuración del relieve (fisonomía o fenosistema) frente a su génesis (fisiología o criptosistema).

- *Nomenclatura del dominio*

Para nombrar los dominios se seguirá un procedimiento binómico: uno de los términos hace referencia al proceso dominante dentro del sistema morfogenético, el segundo a la geometría 'congruente' que sirve para identificar la unidad obtenida de la agrupación de elementos. El orden de los términos en principio no es importante, si bien se estima más procedente que primero figure la configuración. Por ejemplo: superficie de erosión, artesas fluviales, sistema de terrazas fluviales, valles glaciares, crestas de plegamiento, berrocales graníticos, laderas de fracturación, etc.

Tabla 5.5. Ejemplo de nomenclatura para la categoría de dominios del relieve (D). Tipologías según Pedraza et al. (1996a).

FACTOR GEOMORFOLÓGICO		TIPO GENÉTICO	
climático (procesos)	c	frío (periglacial y glacial)	cf
		templado (fluvial)	ct
		intertropical cálido-húmedo (meteorización)	ci
		intertropical cálido-seco (arroyada)	ca
		intertropical árido (eólico)	ce
		marítimo (litoral)	cl
geológico (estructural)	e	poligénico	cp
		de plegamiento	ep
		de fracturación	ef
(litológico)	l	volcánico	lv
		granítico	lg
		cárstico	lk
		otros (arcilloso)	la
		otros (conglomerático)	lc

5.3.4. Elementos del relieve

Coinciden *grosso modo* con las ‘áreas’ y ‘zonas’ de Godfrey y Cleaves (1991), con los ‘elementos geomorfológicos’ de Pedraza (1978) y con los ‘elementos del relieve’ de Pedraza y Garzón (1978), del cual toma el nombre. También aparecen en la literatura como ‘facetas del relieve’ o ‘elementos topográficos’.

- Características del nivel jerárquico

Se trata de las ‘unidades básicas del relieve’ definidas en base a contrastes geométricos elementales (cambios, rupturas, etc., de la pendiente); se consideran también como tales, los agentes de la dinámica terrestre y sus relaciones. Son por tanto la base para establecer el sistema de relaciones intrínsecas, tanto geométricas como genéticas, del relieve terrestre. Pero incluso a este nivel de gran uniformidad geomorfológica, existe una cierta heterogeneidad: por ejemplo, los microrrelieves o pedregosidades que definen los edafólogos; todo ello viene de nuevo a incidir en la problemática para acordar clasificaciones estandarizadas en Ciencias de la Tierra.

Aún cuando los elementos del relieve estén definidos por su geometría, son en buena medida morfogenéticos pues, en última instancia, deben su configuración a un proceso geomorfológico unitario. En investigación sirven para determinar las acciones dinámicas y, según éstas, definir

tipos genéticos (procesos actuales); partiendo de ellos y mediante el análisis comparado es posible establecer la secuencia de procesos que han afectado a un dominio del relieve (sistema de procesos o morfogenético). Por todo lo dicho, los elementos son la unidad de referencia para la cartografía geomorfológica; en ella el terreno aparece clasificado en base a su morfografía, morfogénesis, y edad. A veces la morfogénesis queda precisada según se trate de modelados o formaciones superficiales, lo cual es muy útil en ciertos trabajos aplicados como en Edafología. Sin embargo, no es frecuente separar los elementos que están generando acciones dinámicas en el territorio (procesos actuales) respecto a aquéllos otros derivados de acciones pasadas; esta limitación se ha intentado superar asignando edades a las formas.

Dadas esas circunstancias, sería conveniente establecer una metodología que separase lo estrictamente morfográfico de lo genético, ya que las acciones dinámicas pasadas no están presentes en el territorio y, por tanto, no son relevantes para muchos fines (por ejemplo, trabajos aplicados). Usando una expresión simple, podríamos decir que: todas las morfografías cartografiadas en un análisis geomorfológico están presentes en el territorio y, sin embargo, no ocurre así con todos los procesos descritos. Un intento de clasificar los elementos teniendo en cuenta esta alternativa, aparece en la tabla 5.6.

Tabla 5.6. Nomenclatura para la clasificación de elementos del relieve (E).

MORFOGRAFÍA (en base a morfometría)	E ₁	PROCESO GEOMORFOLÓGICO ACTUAL tipo (acción)	E _{1/1}
superficie (0-2°)	s	hielo-deshielo	hd
rampa-glacis (2-6°)	g	edafogénesis (meteorización-intemperización)	ei
ladera (6-13°)	l	encharcamiento (hidromorfismo)	eh
talud (13-25°)	t	arroyada en manto (erosión)	ame
escarpe (25-55°)	e	arroyada en manto (sedimentación)	ams
acantilado (>55°)	a	arroyada concentrada (erosión en regueros)	are
		arroyada concentrada (erosión en cárcavas)	ace
		arroyada concentrada (sedimentación en conos)	acs
		decantación (sedimentación)	ds
		mixto aluvial-coluvial (acumulación)	ms
		mixto coluvial (acumulación)	cos
		fluvial canalizada-incisión lineal (erosión)	fe
		fluvial-avenidas (sedimentación)	fs
		caídas (erosión-denudación)	ce
		caídas (sedimentación-acumulación)	cs
		deslizamiento (erosión-denudación)	de
		deslizamiento (sedimentación-acumulación)	ds
		flujo-reptación (erosión-denudación)	re
		flujo-reptación (sedimentación-acumulación)	rs
		infiltración-carstificación (erosión)	ke
		denudación antrópica (erosión)	ac
		agradación antrópica (sedimentación-acumulación)	as
		remodelación antrópica	ar

Los elementos del relieve son analizables de forma más adecuada en términos de régimen permanente (*steady state*), y su escala temporal oscila en el orden de miles de años.

- Procedimiento

Para obtener los elementos del relieve el procedimiento más estandarizado es elaborar un mapa morfométrico, incluyendo los agentes de la dinámica actual que tienen expresión morfológica como un rasgo más. Dicho mapa puede realizarse siguiendo procedimientos manuales o automáticos; en el primer caso hay que hacer un análisis del mapa topográfico, en el segundo un tratamiento de modelos digitales del terreno. Una vez realizada esa labor deberá asignarse a cada elemento su génesis, para ello se utilizan dos procedimientos: la asociación morfometría-acciones dinámicas actuales, siguiendo un método de correlación; y la asociación morfometría-acciones dinámicas pasadas, siguiendo un método de deducción.

Como resumen de todo lo señalado hasta aquí, la figura 5.6. sintetiza las relaciones y procedimientos de la propuesta de clasificación.

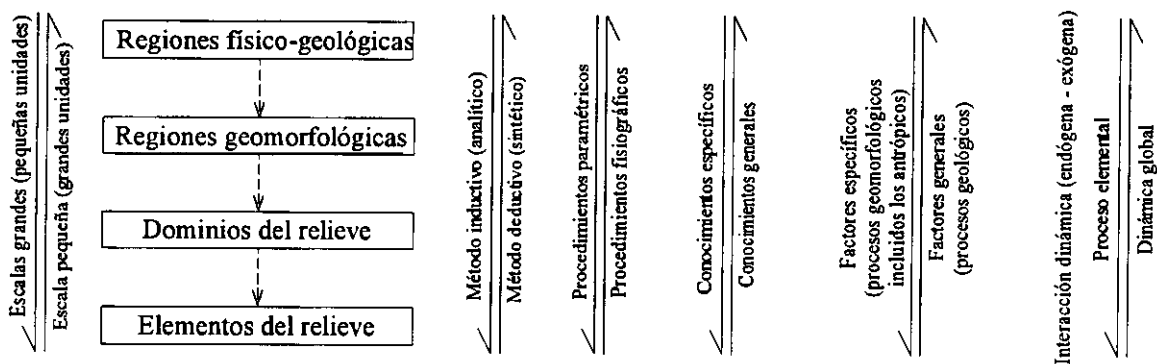


Figura 5.6. Relaciones y procedimientos de la propuesta de clasificación del relieve.

5.4. CONTRIBUCIÓN PARA DEFINIR UNIDADES INTEGRADAS DEL MEDIO FÍSICO

Como ya se indicó en la Justificación y Fundamentos de este capítulo (epígrafes 5.1 y 5.2), para transformar una clasificación del relieve metodológica (o siguiendo una metodología geomorfológica) en otra aplicada, es preciso reconvertir las unidades de aquella según los objetivos que debamos abordar. En el caso de la planificación integrada, esos objetivos no son otros que resolver los problemas derivados del uso del territorio y, como también se señaló (ver epígrafe 5.2.2), su incidencia en el mismo tiene una jerarquía determinada.

La correlación entre ambas jerarquías, la de los problemas con repercusión en el territorio y la de las clasificaciones geomorfológicas del mismo, puede establecerse como aparece en cuadro 5.2, cuyo contenido pasamos a describir.

Cuadro 5.2. Correlación entre niveles de incidencia de los problemas ambientales y unidades geomorfológicas.

INCIDENCIA DE LOS PROBLEMAS TERRITORIALES O AMBIENTALES	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
global	región físico-geológica
regional (s.s.)	región geomorfológica
comarcal	dominio del relieve
local	elemento del relieve

5.4.1. Regiones físico-geológicas: bases para establecer regiones naturales

La descripción y evaluación del medio a estas escalas es independiente de la actividad humana, en tanto el grado de abstracción requerido no hace aparecer aún los usos: hay por tanto una gran naturalidad en las unidades territoriales ‘observadas’ a este nivel de detalle.

Las regiones físico-geológicas establecen bases para la definición de unidades integradas a escala continental: lo que podríamos denominar las ‘grandes regiones naturales de la Tierra’. En este sentido es necesario destacar dos aspectos: la imprecisión en cuanto a contenido, extensión, y criterio cartográfico de la región natural; y el sesgo de ese concepto hacia los aspectos bioclimáticos.

Para Gentilli (1968), una de las regionalizaciones más próximas a este particular fue la realizada por Herbertson: *"En la determinación de regiones naturales, el clima y la configuración deben ser considerados conjuntamente."* (Herbertson, 1905: 309). Sin embargo ese objetivo fue más bien una intención, pues su mapa de las ‘grandes regiones naturales de la Tierra’ es en realidad un atlas bioclimático. También la clasificación de Joerg (1914) pretendía este carácter integral a pequeña escala (ver cuadro 4.2), pero de nuevo llegó a idénticos resultados que la anterior.

La Geografía lleva ocupándose de estos temas desde hace más de un siglo y poco es lo que puede precisarse al respecto, salvo que es un término complejo por definición (ver por ejemplo Dumolard, 1975) y, como ya se ha señalado, los problemas fundamentales derivan de su contenido, escala y límites (Sanz Herraiz, 1980).

En cuanto al contenido, todos coinciden al señalar que debe basarse en el papel que juegan los elementos físicos para la ordenación del espacio; sin embargo, en la práctica la integración de

los mismos ha sido difícil. Por ello, la región suele considerarse un concepto más teórico que práctico y eminentemente descriptivo. Respecto a la escala tampoco existe acuerdo y parece que es independiente del orden de magnitud, si bien precisa una extensión mínima (del orden de la decena de miles de kilómetros cuadrados o superior). A pesar de todas esas imprecisiones, entendemos que el término ‘región’ mantiene su valor como referente descriptivo de ‘gran espacio de la superficie terrestre’ dotado de una cierta característica peculiar. Al elevar esa categoría en base a su contenido, es necesario añadir un calificativo, así: región geográfica, región climática, región geológica, etc. De todos ellos, el que mejor refleja la globalidad de los grandes espacios integrados a escala planetaria es el de ‘región natural’.

Las determinaciones para una planificación integrada a escala global, tendrían que apoyarse precisamente en la gestión de esas regiones naturales; para ello sería necesario determinar esas unidades desde una perspectiva total del medio físico, y no exclusivamente bioclimática como se ha hecho hasta el momento.

En definitiva, la planificación integrada a escala planetaria precisa políticas ambientales que se basen en la realidad de las grandes regiones naturales terrestres. Dichas unidades tendrían que definirse mediante la combinación de las regiones físico-geológicas y biogeográficas.

5.4.2. Regiones geomorfológicas: bases para establecer regiones fisiográficas

A escala de cada una de las franjas o zonas climáticas, se reconoce unánimemente que es la configuración del relieve quien mejor representa las características del territorio (ver epígrafe 4.2.3.2). Las regiones geomorfológicas aproximan por tanto a la definición de lo que llamaremos ‘regiones fisiográficas’, entendidas éstas como la unidad integrada a este nivel.

Al contrario que en el caso anterior, el procedimiento para definir estas unidades no consiste tanto en una ‘superposición’ de atributos físicos y bióticos, sino en el reconocimiento de unas pautas territoriales asociadas al relieve. Debe tenerse en cuenta que la región geomorfológica se elabora mediante una síntesis entre lo configuracional y genético (entre lo geográfico y geológico), por lo cual es relativamente fácil establecer dentro de ella relaciones de distribución y asociación de los elementos de la superficie terrestre: ése es el fundamento de la Fisiografía.

Es necesario destacar cómo estas unidades fisiográficas tienen ya una impronta antrópica significativa, lo cual es lógico puesto que asumen la actividad humana como un factor genético más del medio físico. A pesar de ello, porciones territoriales equivalentes en cierto modo a éstas fueron denominadas ‘regiones naturales’ por los primeros fisiógrafos españoles (Dantín Cereceda, 1912, 1922, 1942; E. Hernández-Pacheco, 1934a, 1955-1956).

Dantín Cereceda (1912) consideró que esas 'regiones naturales peninsulares' eran función primordialmente de las características geológicas y del relieve, y de la relación de ambos con la hidrografía; partiendo de todos esos factores —continúa—, se distribuyen los restantes elementos del medio. Para este autor, pues, las regiones naturales están integradas por: el relieve (sustrato y forma), el clima, la vegetación (y la agricultura), la fauna, y el hombre; pero este último sólo en tanto se relaciona con el medio y "en las modalidades de acomodo o de reacción contra él". E. Hernández-Pacheco (1934a) entendió las regiones naturales con un significado fisiográfico-geológico "equivalentes a las provincias en el orden político-administrativo", definidas por el "relieve, clima, vegetación y características agropecuarias" (figura 5.7).

Unstead (1926) también trató de definir unidades integradas a esta escala para el conjunto de la Península Ibérica, llamándolas 'regiones geográficas' y basándose tanto en factores biogeológicos como humanos. Sin embargo, como puede observarse en la figura 5.8, su resultado final es una clasificación eminentemente físico-natural, con una importante base geomorfológica (fisiográfica); es convergente por tanto con las clasificaciones anteriores.

A nuestro entender y como se ha señalado, aunque el factor determinante de estas unidades sea la configuración del relieve (morfolografía), no puede olvidarse que proceden de compartimentaciones mayores en las cuales participan también los caracteres bioclimáticos. Cumplen por tanto una función similar a aquellas unidades y, además, se trata de grandes espacios de la superficie terrestre, lo cual justifica referirlas como 'regiones'. Por otro lado, a esta escala es imposible 'eludir' el factor antrópico como uno más del territorio, lo que aconseja no utilizar el término 'natural' como calificativo.

En definitiva, una planificación integrada a estas escalas y en nuestro contexto sociopolítico debería 'recuperar' las regionalizaciones de la Península que realizaron los primeros fisiógrafos hispanos, y dotarlas de un significado director en las actuaciones territoriales. Sin embargo, las técnicas para su determinación deben ser otras: la combinación de imágenes de satélite y modelos digitales del terreno (DEM o DTM) para originar representaciones en tres dimensiones (3D) hace posible relacionar las formas del relieve con los restantes factores del medio, facilitando esa labor de clasificación y otorgando una gran precisión cartográfica.

Dada su utilidad en los objetivos propuestos, y la relativa facilidad en su cartografía, esas unidades tendrían que estar determinadas para toda la Península y servir como 'punto de partida' en la realización de trabajos de planificación integrada a escalas más detalladas. Un diagnóstico de las mismas permitiría conocer su problemática más destacada (p. ej., riesgo volcánico, sísmico, de erosión, etc.) y dirigir así planes y proyectos específicos a cada región en función de sus características naturales intrínsecas más destacadas.

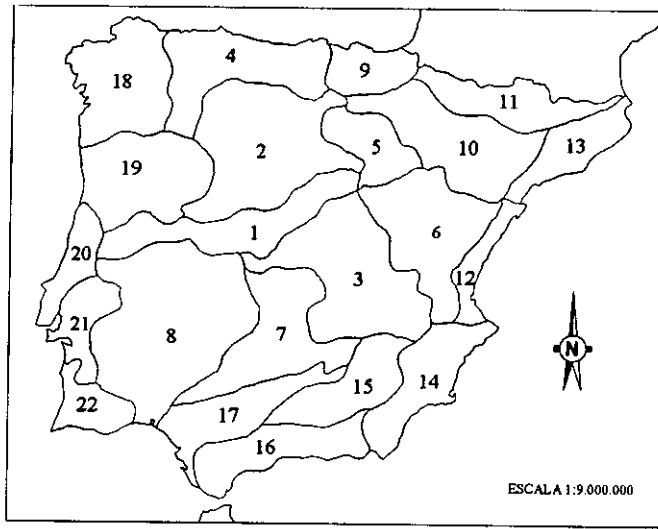


Figura 5.7. Regiones naturales de la Península Ibérica (según Hernández-Pacheco, 1934a). 1. Cordillera Central; 2. Altiplanicie del Duero; 3. Llanuras de Castilla la Nueva; 4. Astúrico-Leonesa; 5. Serranías Ibéricasorianas; 6. Serranías Ibéricolevantineas; 7. Montes de Toledo y Sierra Morena; 8. Extremeña; 9. Vasconia; 10. Valle Ibérico; 11. Pirenaica; 12. Catalana; 13. Valenciana; 14. Sureste; 15. Subbética; 16. Penibética; 17. Valle Bético; 18. Galaica; 19. Lusitanoduriense; 20. Lusitanoatlántica; 21. Llanura del Sado y Tajo; 22. Algarve.

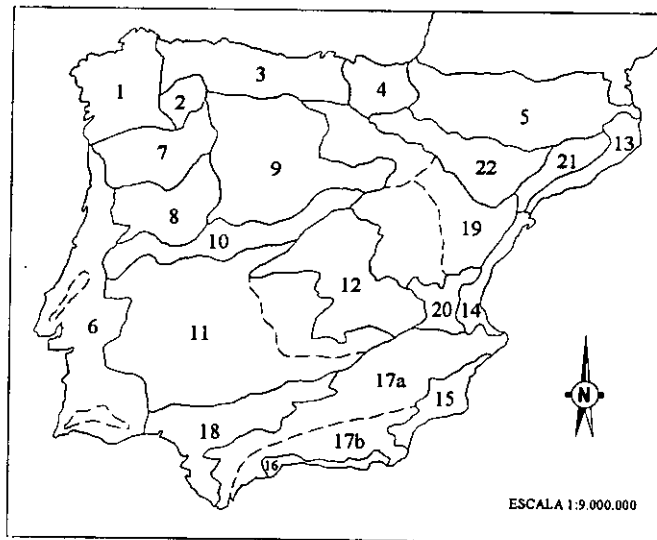


Figura 5.8. Regiones geográficas de la Península Ibérica (según Unstead, 1926): 1, Macizo Galaico; 2, Cuenca del Sil; 3, Montes Cantábricos; 4, Montes Vascos; 5, Montes Pirenaicos; 6, Costa Portuguesa; 7, Meseta Norte del Duero; 8, Meseta Sur del Duero; 9, Cuenca de Castilla la Vieja; 10, Sierras Centrales; 11, Meseta del Tajo-Guadiana; 12, Cuenca de Castilla La Nueva; 13, Costa Catalana; 14, Costa Valenciana; 15, Costa Murciana; 16, Costa Malagueña; 17, Cordillera Andaluza: (a) interna, (b) externa; 18, Depresión Andaluza; 19, Tierras Altas Ibéricas; 20, Meseta Valenciana; 21, Montes Catalanes; 22, Depresión del Ebro.

5.4.3. Dominios del relieve: bases para establecer comarcas fisiográficas

Frente a las categorías anteriores, eminentemente sintéticas y que cumplían sobre todo una función de ‘correlación’ o situación al objeto de establecer planes y políticas ambientales, ésta corresponde al nivel básico de trabajo en planificación territorial (comparación de alternativas de usos) y requiere métodos multi o pluridisciplinarios. Ello está en consonancia con el procedimiento para definir los dominios, claramente sectorial (ver epígrafe 5.3.3).

Al igual que ocurre con el término región, el de comarca tiene un contenido dudoso y en la práctica es eminentemente descriptivo. Simplemente se aplica a una porción del territorio que trasciende lo local, pero no permite realizar correlaciones generales dado el peso que adquiere cada uno de los elementos particulares que la componen. A este nivel el factor antrópico es determinante, no sólo como un ‘agente más de la dinámica natural’ (cualificación prioritaria que se le otorga al establecer las regiones fisiográficas) sino también como agente social (responsable de una organización político-administrativa del territorio).

Hasta tal punto puede llegar la influencia del hombre a este nivel, que la comarca se ha definido sobre todo en función de la organización social. Más concretamente:

"Territorio asiento de una comunidad antropocéntrica, con cierta individualización del exterior y con fuertes relaciones internas, centradas en núcleos de población articulados y conexiados por vías de comunicación y en la que las actividades de sus hombres, costumbres, formas de explotación, recursos naturales e incluso paisaje, forman un todo homogéneo, resultado de un proceso histórico, suma de actuaciones de generaciones precedentes. A este territorio individualizado se le añade la palabra ‘natural’ para indicar que es fruto de la geografía y de una labor inconsciente (en su resultado) y milenaria de los hombres que la habitan." (Aguiló et al., 1987: 220).

Recalcando esta individualización de cada uno de los componentes sectoriales de la unidad y teniendo en cuenta el espacio territorial a que se refiere, consideramos que puede usarse la denominación de ‘comarca’. Al mismo tiempo, tratando de remarcar los aspectos físicos del territorio y un cierto grado de integración o ‘síntesis’, pensamos que el calificativo adecuado es ‘fisiográfica’.

Las comarcas fisiográficas constituyen el nivel más apropiado para evaluar el nivel de autorregulación-antropización del medio; es decir, su desviación del sistema potencial y la existencia de usos inadecuados.

Establecidas unas directrices ‘suprarregionales’, en un planteamiento integrado o ecológico tendrían que planificarse los usos prioritarios respecto a los subsidiarios. Para ello habrían de tenerse en cuenta factores de riesgo y grado de adecuación a las directrices previas, es decir: ponderar qué desviación es permisible en una actividad definida, para no separarse de los objetivos teóricos que marca la ‘tendencia global o suprarregional’; tendencia que debería estar

regulada por políticas nacionales o estatales. Entendemos estos ámbitos, nacional o estatal, en el sentido que lo hicieran los geógrafos clásicos, es decir: ente cultural histórico-geográfico o 'país', que podría aproximarse a lo que en el Estado Español actual son, *grosso modo*, buena parte de las Comunidades Autónomas.

5.4.4. Elementos del relieve: análisis sectoriales

En un contexto más concreto que el anterior tiene lugar la ejecución del planeamiento o, en sentido más general, el desarrollo de los distintos usos y actividades humanas en el territorio (nivel de gestión, proyectos). A estas escalas por tanto, los estudios del medio físico atienden a problemas concretos: evaluación de impactos localizados, restauración de espacios degradados, etc.

Se trabaja en detalle y los datos que se manejan son ya muy específicos; la información debe estar medida y caracterizada con rigor, y normalmente se obtiene *in situ* con técnicas que no admiten errores (Aguiló *et al.*, 1992). Los métodos de trabajo más habituales son los paramétricos y el tratamiento de la información se lleva a cabo a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en tanto deben resolverse problemas relacionados con parámetros muy concretos.

En este contexto, la información geomorfológica se integra con la procedente del resto de especialistas y sólo será determinante por sí sola para ciertas evaluaciones territoriales. Una de ellas, la más considerada, son los mapas de riesgos naturales asociados a procesos exógenos; no obstante deberán desarrollarse más otros aspectos, sobre todo aquéllos que permitan realizar valoraciones intrínsecas del territorio como son: potencialidad edáfica de las formaciones superficiales, paisajes geomorfológicos, estados de equilibrio y tendencias evolutivas en función de la relación entre los elementos propios y sobreimpuestos en un dominio del relieve. Otro caso destacado es el de recuperación de terrenos que han estado sometidos a actividades mineras, agrícolas, forestales, etc.; en estos casos, se trata de restablecer 'morfologías', 'procesos' y 'capacidades edáficas'.

Un diagnóstico dinámico-evolutivo de los elementos del relieve (cuál es la historia del territorio y hacia dónde evoluciona) puede constituir un documento muy valioso para la gestión territorial, ya que aporta datos para establecer las actividades antrópicas o llevar a cabo las restauraciones. Esta valoración geomorfológica debe hacerse en términos de grado de naturalidad, transformación, degradación, estabilidad, etc. Es esencial reconocer el equilibrio del territorio, y su tendencia, para determinar la 'resiliencia' de los sistemas. Se trata así de caracterizar el grado de 'distorsión' o desequilibrio de cada unidad en relación con su evolución natural (modelo evolutivo teórico) y bajo influencia antrópica (evolución actual).

Estos temas apenas se han considerado en valoraciones ambientales, siendo frecuente la afirmación según la cual el medio abiótico "no se presta a tales operaciones". Así, numerosas guías metodológicas para la evaluación de efectos ambientales (ver por ejemplo Pinedo, 1989) no consideran como valor intrínseco de conservación la gea o el relieve). Sin embargo, a éstos es posible aplicarles el mismo tipo de criterios que a especies o comunidades bióticas: 'integridad', 'proximidad al estado potencial', 'resiliencia', 'fragilidad', etc.; nos detendremos sobre todo en una: 'alejamiento del sistema potencial', o lo que podríamos denominar 'calidad geomorfológica', por comparación con otro tipo de términos, como 'calidad ecológica' o 'calidad paisajística'. Dicho término no vendría sino a referir "el grado de alejamiento del sistema geomorfo-edáfico potencial de un lugar". Su conocimiento será clave, por ejemplo, en labores de restauración. Estas reflexiones nos introducen en el concepto ya citado de 'geoindicadores' y de 'sistemas geomorfo' o 'geosistemas potenciales', susceptibles de ser incorporados a los procedimientos habituales que evalúan la calidad ambiental del medio, y útiles para la planificación, ordenación y gestión territorial (figura 5.9).

En síntesis: los elementos del relieve se sitúan en un nivel ejecutivo o de gestión sectorial, y las valoraciones de contenido más estrictamente geomorfológico son: potencialidad edáfica, riesgos asociados a los procesos exógenos, evaluación de los grados de equilibrio en el relieve utilizando 'geoindicadores' y en relación con las alteraciones de origen antrópico, restauraciones de terrenos, y estudios sobre paisaje.

A continuación, ampliamos algunos aspectos de esas aportaciones:

- Riesgos asociados a procesos exógenos

Como se ha venido señalando, es el campo de actuación más desarrollado de todos cuantos comentamos. En el apartado 4.2.2, ya se indicaron los principios básicos y la metodología más estandarizada al respecto.

- Evaluación de grados de equilibrio en el relieve según la influencia antrópica

El análisis de la actividad antrópica como 'nuevo agente geomorfológico', tiene por objetivo conocer la incidencia real de las acciones humanas en el funcionamiento de los sistemas naturales; equivale por tanto a una 'evaluación de impactos', sólo que contemplada desde una óptica histórico-natural.

Aquí interesan tanto las acciones indirectas (efectos geomorfológicos inducidos) como las directas (modificaciones del relieve original). En el primer caso, tiene lugar una aceleración o deceleración de los procesos geomorfológicos, alterando su evolución natural; en el segundo, las acciones implican remodelación del terreno y una verdadera movilización de materiales.

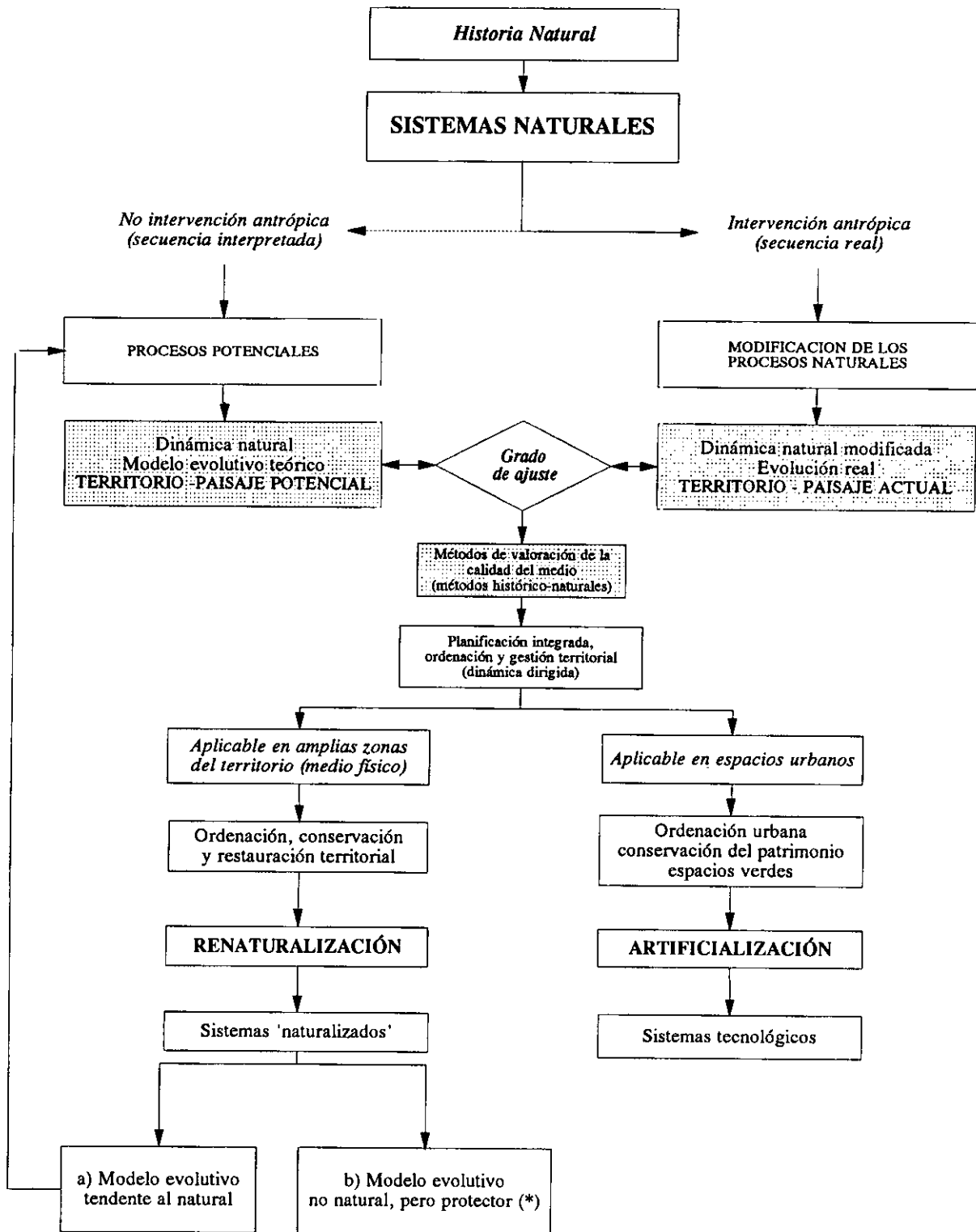


Figura 5.9. Esquema conceptual sobre la interpretación (diagnóstico) de la calidad del medio a partir de estudios histórico-naturales (participación de las valoraciones geomorfológicas), y sobre su incorporación a los procesos de planificación, ordenación y gestión territorial. (*) Las condiciones naturales pueden ser de rexiastasia y de dominancia de riesgos naturales; sin embargo, el modelo puede dirigirse hacia la biostasia o a la prevención y minimización de riesgos, por considerarse más favorables.

- Acciones indirectas

Se trata de los fenómenos geomorfológicos espontáneos (arroyada, caídas, etc.), pero que han sido desencadenados, atenuados, o acelerados, por una actuación humana; su estudio puede realizarse pues bajo los mismos parámetros que los naturales. El ejemplo más claro lo constituye la variación del balance hídrico, con la consiguiente alteración de la tendencia natural erosión-sedimentación por prácticas asociadas a la deforestación en sus diferentes modalidades (pastoreo, cultivos, etc.). También pueden considerarse a este nivel, muchos fenómenos gravitacionales desencadenados o favorecidos por acciones antrópicas directas; los casos más frecuentes derivan de la removilización de terrenos en obras públicas y minería.

A escala global y como tendencia aún no definida, aparece todo un grupo de procesos que están siendo afectados por el posible "cambio en la tendencia evolutiva del clima". Como es bien conocido, aún deberá discriminarse a este nivel entre lo que es 'tendencia natural' y 'tendencia inducida'. De cualquier manera, y desde la última pulsación glacial entre mediados del siglo XV y principios del XIX (Pequeña Edad Glacial, o del Hielo), se detectan una serie de fenómenos asociados a las modificaciones en la circulación atmosférica, por ejemplo: cambios en los balances meteorización-erosión a escala global y con efectos regionales; elevación progresiva del nivel del mar, retroceso de los glaciares, desertización y aumento de la acción erosiva por arroyada, etc.

- Acciones directas: el hombre como agente geomorfológico

Las afecciones directas de la acción antrópica a la superficie del terreno implican su remodelación y el movimiento de materiales, configurando morfologías (modelados) y formaciones superficiales características. Los ejemplos más claros son la minería, urbanización y las obras de infraestructura, pero también determinadas prácticas agrícolas y forestales. Dentro de los escasos intentos existentes en la literatura para estructurar las acciones y resultados antrópicos desde una perspectiva geomorfológica, Alexandrowicz (1983) sugiere su clasificación en formas de agradación, degradación y deformación, que puede ser válida como primera aproximación 'morfogenética'.

- Potencialidad edáfica

Para la elaboración de modelos de potencialidad edáfica, erosionabilidad del terreno, etc., interesa considerar parámetros relacionados con la litología, morfología, y los procesos actuales. En efecto, la homogeneidad litológica, morfológica y de comportamiento hidrológico e hidrogeológico que incluyen los elementos del relieve, actúan como factores edafogenéticos de primer orden. De hecho, una cartografía geomorfológica de detalle —con especial atención a las formaciones superficiales— constituye un documento muy próximo a un mapa de suelos.

Los factores genéticos en este caso son: litología (roca madre), morfología (procesos de intemperización y removilización, forma y pendiente del terreno) y formaciones superficiales a partir de las cuales ha empezado a evolucionar el suelo.

- Estudios sobre paisaje

Como ya se señaló, existen dos aproximaciones al paisaje desde esta disciplina científica: según se trate de un entorno configurado predominantemente por componentes geomorfológicos (paisajes geomorfológicos), o no (geomorfología del paisaje). En el primer caso se trata de hacer una valoración intrínseca, en el segundo de contribuir al análisis global del paisaje.

- Paisajes geomorfológicos y recursos singulares

Los elementos singulares de la gea constituyen lo que se ha venido denominando Puntos de Interés Geológico (PIG), y más recientemente Patrimonio Geológico (García Cortés *et al.*, 1992). Dentro de este conjunto, habitualmente tienden a clasificarse según sus componentes predominantes: geomorfológicos, mineralógicos-petrológicos, tectónicos, estratigráficos, paleontológicos, hidrológicos, etc.

A la vista de lo expuesto, las formaciones geomorfológicas susceptibles de recibir el apelativo de 'recursos culturales', pueden clasificarse desde dos puntos de vista: bien por sus valores estéticos o singularidad paisajística (cascadas, hoces y cañones, acantilados, gargantas), bien por sus atributos científico-educativos o didácticos al mostrar claramente el funcionamiento o resultado de determinados procesos (glaciares, marmitas de gigante, dunas).

Junto a las cualidades intrínsecas de estos lugares, deben considerarse otras extrínsecas como son: proximidad a zonas pobladas, asociación con otros elementos notables de la superficie terrestre (masas forestales, fauna, patrimonio histórico, etc.), ámbito espacial, etc. Este último se refiere a la dimensión del 'paraje' y suele ser considerado para separar figuras y niveles de protección que, en lo esencial, aquí son 'parques' y 'paisajes' (grandes espacios) y 'monumentos naturales' (lugares puntuales).

El establecimiento de criterios para catalogar estos lugares, siempre ha sido difícil. Así por ejemplo la Ley 4/89 y las respectivas legislaciones autonómicas, tienden a seleccionar lo que podríamos denominar 'morfologías estandarizadas': cañones, gargantas, cascadas, formaciones cársticas, graníticas, volcánicas, etc., sobre las cuales existe un reconocimiento acordado acerca de sus cualidades estéticas o visuales. Sería pertinente, sin embargo, profundizar en criterios objetivos de valoración, de modo que puedan ser contrastados en un proceso de 'toma de decisiones'; de momento, lo más acertado sería utilizar criterios 'objetivos' o 'técnicos', muy próximos a los empleados en la valoración de las cualidades del medio natural: integridad, diversidad, complejidad, naturalidad, singularidad, representatividad, escasez, fragilidad, etc.

- Contribución a los estudios generales del paisaje

Entendido el paisaje como un 'todo' sintético, su estudio y evaluación debe realizarse siguiendo los métodos ya descritos en el apartado 1.2.4; todo ello, con independencia de que haya o no ciertos componentes que introducen rasgos peculiares, dominantes, singulares, etc., en el mismo. En este caso, se hace necesario profundizar en las relaciones con otros profesionales encargados de evaluar las preferencias (psicólogos, sociólogos, ecólogos, etc.), y utilizar la información obtenida por éstos en sus procesos de evaluación. Recíprocamente, las clasificaciones fisiográficas pueden reducir la subjetividad de los procesos de evaluación de la percepción.

Un ejemplo del primer caso sería la correlación entre los relieves accidentados (complejidad orográfica, o con gran relieve interno) y los paisajes más preferidos estéticamente. E. Hernández-Pacheco (1934b) ya había señalado una valoración positiva hacia los paisajes 'agrestes': *"las formas agrias y agudas en crestería, con los detalles de agujas y picachos"* (Hernández-Pacheco, *op. cit.*: 12); *"El valle cerrado, la garganta, el congosto y la hoz, es lo típico del paisaje fluvial español; paisaje rudo, agreste y fuerte, pero de suprema belleza (...)"* (Hernández-Pacheco, *op. cit.*: 30). Esa relación ha sido puesta de manifiesto con posterioridad por numerosos autores: Linton (1968), Leopold (1969), Arnot y Grant (1981), Zube *et al.* (1982), Brush (1991), Escribano *et al.* (1991), etc.

Como hemos señalado, la explicación de esas relaciones compete más a otras ciencias, como la Psicología, la Ecología o la Sociología, y nosotros nos limitamos únicamente a señalar la tendencia. Siguiendo con el mismo ejemplo, Kaplan y Kaplan (1989) y Gilmartín (1995) relacionan la atracción hacia los relieves accidentados con las variables 'misterio' y 'complejidad' que introducen, y con las necesidades exploratorias de la especie humana.

- Restauraciones de terrenos

Se trata de trabajos a escalas grandes (espacios muy reducidos) que requieren la realización de planos topográficos, y análisis muy específicos sobre: litología del sustrato, pendientes, suelos, procesos actuales, vegetación, etc. El planteamiento en estos casos debería incluir valoraciones del tipo siguiente: ¿Cuál es el grado de equilibrio del sistema? ¿Cuál será su evolución futura sin intervención protectora? ¿Qué habrá que hacer para que evolucione en las direcciones consideradas como más favorables? (González Bernáldez, 1981).

Dado que muchas restauraciones deben recomponer la morfología del terreno, interesa tomar como punto de partida el mapa geomorfológico y estudiar la dinámica actual en términos de 'tendencias evolutivas' a escala regional. Un ejemplo de esta metodología se presenta en la segunda parte de la Memoria (ver capítulo 8).

5.4.4.1. Pautas para la evaluación con técnicas paramétricas

Las descripciones-evaluaciones sinópticas son más adecuadas a pequeña escala, donde es preciso obtener una visión sintética y sistémica del territorio. Sin embargo, ya hemos señalado en más de una ocasión cómo a niveles detallados (local o proyectos, incluso comarcal), las técnicas analíticas tienen una mayor aplicabilidad, en tanto los problemas territoriales son concretos (o discretizables) y están relacionados con parámetros específicos del medio; admiten entonces la elaboración de modelos específicos (p.ej., capacidad-impacto para un uso determinado). En caso de abordar un estudio de planificación integrada, es decir considerando todos los posibles problemas, los análisis multidisciplinares son imprescindibles. Cuando la forma de trabajo se ajusta a este esquema paramétrico, los pasos a seguir en nuestro caso serían los siguientes (Crofts, 1974; Cendrero y Díaz de Terán, 1987; Pedraza *et al.*, 1989):

- Primero, una caracterización de las unidades obtenidas en la clasificación en base a la descripción precisa de sus parámetros más significativos. Estas propiedades han sido denominadas 'variables características', 'cualidades primarias', 'parámetros descriptivos', etc., y son características intrínsecas y objetivas del terreno (físicas, químicas), directamente observables y medibles por distintos procedimientos; es deseable utilizar al respecto clasificaciones estandarizadas (ver Way, 1973; FAO, 1977; Aguiló *et al.*, 1992). Son ejemplo de estas propiedades: pendiente, textura o pH de los suelos, pedregosidad, microrrelieve, espesor de las formaciones superficiales, relieve interno, etc.; dichos parámetros se describen normalmente por medio de fichas (ver por ejemplo, figura 4.1, pág. 73).
- Segundo, una 'evaluación intrínseca' (valoración) de cada unidad en términos de capacidades-recursos y limitaciones-riesgos; los resultados obtenidos en esta fase han sido definidos como 'cualidades significativas' o 'parámetros interpretativos', y son propiedades complejas del terreno, resultado de la interacción entre parámetros y propiedades primarias. Se obtienen a través de procedimientos de ordenación-valoración, ponderación-agregación y superposición-combinación. Esas propiedades complejas tienen ya una influencia directa en la capacidad del terreno para soportar determinados usos, y por tanto se representan comúnmente en forma de cartografías. Son ejemplo de las mismas: capacidad portante, erosionabilidad del terreno, potencial edáfico, vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos, susceptibilidad gravitacional y de inundaciones, calidad y fragilidad del paisaje, etc.
- A partir de este tipo de valoraciones intrínsecas son posibles dos vías: bien llevar a cabo mapas de orientaciones y limitaciones al uso; bien pasar a la fase de evaluación más estandarizada de planificación ecológica (ver figura 1.2, pág. 17), es decir, realizando mapas de capacidad-impacto para determinadas actividades (agrícola, forestal, urbanización, conservación, etc.), y con posterioridad a éstos elaborar mapas prescriptivos, de recomendaciones y limitaciones, y de compatibilidades entre distintos usos.

La tabla 5.7 recoge propiedades intrínsecas relacionadas con las variables geomorfológicas, y la tabla 5.8 muestra algunos ejemplos de utilización de esas variables en la elaboración de modelos de valoración intrínseca.

Tabla 5.7. Ejemplo para la descripción-caracterización de elementos del relieve en términos de propiedades intrínsecas, cualidades primarias, o variables características.

PENDIENTE (en Aguiló <i>et al.</i> , 1992)	RELIEVE INTERNO (Arnot y Grant, 1981)	MICROMORFOLOGÍA (en Aguiló <i>et al.</i> , 1992)	TEXTURA SUELOS (en Way, 1973)	DRENAJE (FAO, 1977)
1 < 3 %	1 hasta 15 m	1 alveolado	1 gravas puras (CG)	1 muy escasamente drenado
2 3-10 %	2 hasta 30 m	2 agrietado	2 gravas y finos (FG)	2 escasamente drenado
3 10-20 %	3 hasta 75 m	3 en regueros	3 arenas puras (CS)	3 imperfectamente drenado
4 20-30 %	4 hasta 150 m	4 ondulado	4 arenas y finos (FS)	4 moderadamente bien drenado
5 30-50 %	5 hasta 300 m	5 en polígonos	5 limo y arcilla (FL)	5 bien drenado
6 > 50 %	6 hasta 600 m	6 en caballones	6 limo y arcilla (FO)	6 algo escasamente drenado
	7 hasta 1200 m	7 micromamilar	7 limo y arcilla (FH)	7 excesivamente drenado
	8 hasta 2400 m	8 mamilar	8 turbas y suelos (Pt)	
	9 hasta 3600 m	9 rizado-ondulado		
	10 > 3600 m			

Tabla 5.8. Ejemplos de valoraciones intrínsecas (modelos), a partir de parámetros relacionados con la geomorfología.

CALIDAD PAISAJE	FRAGILIDAD PAISAJE	POTENCIALIDAD EDÁFICA	EROSIÓN HÍDRICA	FENÓMENOS GRAVITACIONALES
relieve interno	morfometría (pendiente)	agregación sustrato	morfometría (pendiente)	morfometría (pendiente)
exposición-orientación	exposición-orientación	composición del sustrato	textura edáfica	morfodinámica
presencia de masas de agua	compacidad relieve	textura del regolito	estructura edáfica	litología
abundancia de afloramientos rocosos		morfometría (pendiente)		exposición-orientación drenaje
variación cromática del tipo litológico				
altitud (probabilidad de presentar cubiertas nivales)				

5.5. CLASIFICACIÓN DEL RELIEVE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

La aplicabilidad de todo cuanto se ha mencionado hasta aquí requiere su inclusión en contextos geopolíticos y administrativos concretos, mediante figuras de planeamiento específicas. Las mayores dificultades a la hora de abordar este tema, derivan de la indefinición del concepto 'ordenación del territorio'; ésta se plantea a dos niveles: conceptual y funcional.

Desde el punto de vista conceptual, y dado que sus objetivos finales no están bien clarificados, unos entienden la ordenación del territorio como algo próximo al Urbanismo. Sin embargo otros lo hacen equivalente a disciplinas cercanas a la Geografía Humana y Económica. Finalmente, otros consideran que se trata de un proceso 'social' de gestión del territorio a partir de una planificación integrada, es decir, la puesta en práctica y seguimiento de las directrices emanadas de la planificación. Desde el punto de vista funcional, es difícil coordinar toda la normativa que incide en el territorio. La propia Ley del Suelo, en principio urbanística,

al calificar suelo en su nivel más detallado (municipios) tiene que asumir muchas normas elaboradas en otras leyes: de Aguas, Espacios Protegidos, Agricultura de Montaña, etc.

Descendiendo a un nivel ‘posibilista’, hay que considerar las distintas figuras de la LS92 y las normativas establecidas por las diferentes Comunidades Autónomas, como el marco más adecuado para la integración de las políticas sectoriales. En este sentido globalizador, los grandes planes sectoriales de ámbito nacional (Plan Director de Infraestructuras, PDT; Plan Hidrológico Nacional, PHN), no serían sino elementos parciales de un Plan Nacional de Ordenación (Castelao *et al.*, 1995). Esta discusión estará presente a lo largo de todo el desarrollo expositivo, y a todos los niveles de planificación. En cualquier caso, en un ejercicio teórico como el que aquí se aborda, es posible otorgar a la LS92 ese carácter globalizador; es decir: la normativa legal llamada a asumir los planteamientos de la ‘planificación territorial con base ecológica’ o ‘planificación integrada’. Otro problema no menos importante que el anterior se asocia con la dificultad para establecer equivalencias precisas entre unidades del relieve, o integradas, y ámbitos geopolíticos-figuras de planeamiento. Ello se debe a que ambos atienden a dos evoluciones diferentes: historia natural, la primera; historia social, la segunda.

Desde el punto de vista político-administrativo puede simplificarse la siguiente jerarquía: mundial (p. ej., FAO, ONU, UNESCO); pluri o internacional (p. ej., Unión Europea, OEA); regional-supraestatal (p. ej., dentro de la UE, áreas de actuación preferente); estatal-nacional (p. ej., cada uno de los Estados de la UE); regional intraestatal (p. ej., Comunidades Autónomas del Estado Español; responde al concepto de ‘país’ de los geógrafos clásicos); comarcal-provincial (p. ej., diferentes agrupaciones de municipios en Comunidades, Mancomunidades, Provincias administrativas); y municipal, como unidad mínima de gestión.

En un orden aproximativo a las unidades citadas y aplicado a España, se establecen: programas mundiales (p. ej., MAB, PNUMA), programas plurinacionales (p. ej., Carta Europea de Ordenación del Territorio; CORINE); programas regionales-plurinacionales (p. ej., política europea de lucha contra la desertización en el ‘área mediterránea’); disposiciones estatales (p. ej., Plan Nacional de Ordenación, PNO); normativas regionales-intraestatales (p. ej., Planes Directores Territoriales de Coordinación, PDTC; Directrices de Ordenación Territorial, DOT); figuras comarcales (p.ej., Normas Subsidiarias con ámbito Provincial, NSP; Normas Urbanísticas Comarcales, NUC); y normas de ámbito local (p.ej., Planes Generales de Ordenación Urbana, PGOU; y Normas Subsidiarias Municipales, NSM).

A pesar de esta problemática para la correlación, entendemos que debe hacerse un intento de aproximación entre los espacios territoriales ‘naturales’ y las normativas elaboradas para su gestión. Esa correlación podría ser como aparece en el cuadro 5.3, que sintetiza toda la propuesta metodológica que se ha venido describiendo en este capítulo 5.

Cuadro 5.3. Propuesta para la utilización de categorías geomorfológicas con objetivos de planificación territorial.

JERARQUÍA GEOMORFOLÓGICA	región físico-geológica	región geomorfológica	dominio del relieve	elemento del relieve
GÉNESIS	historia geológica	historia geomorfológica	morfogénesis compleja	morfogénesis elemental
CRITERIO PARA SU DEFINICIÓN	geoestructurales	asociaciones de formas definiendo unidades orográficas	síntesis de elementos según su génesis	morfografía procesos actuales
EJEMPLO GEOMORFOLÓGICO	- orógeno - macizo - cuenca sedimentaria	- aediplano - horst - depresión tectónica - alineación de plegamiento	- superficie de erosión poligénica - relieve estructural de plegamiento	- llanura aluvial - coluvión - glacis - cono de deyección
EJEMPLO FISIOGRÁFICO	- cordillera - escudo - plataforma	- llanura - planicie - valle - depresión - corredor	- ladera - piedemonte - campiña - páramo - cuesta	- rampa - talud - escarpe - acantilado
ESCALA DE REPRESENTACIÓN	< 1:5.000.000	≥ 1:5.000.000	≥ 1:200.000	≥ 1:50.000
ESCALA MÁS COMÚN	1:15.000.000	1:1.000.000	1:100.000	< 1:25.000-1:10.000
EXTENSIÓN	- centenas de miles a millones de km ²	- decenas de miles de km ²	- centenas a miles de km ²	- unidades de km ² a hectáreas
HERRAMIENTA DE CLASIFICACIÓN	- cartografías geológicas a pequeña escala - imagen de satélites meteorológicos	- imagen LANDSAT - DEM (DTM)	- imagen SPOT - fotografía aérea vertical y oblicua	- fotografía aérea vertical - mapa topográfico - DEM (DTM)
CORRESPONDENCIA CON CATEGORÍAS EDÁFICAS	- orden/suborden (USDA, 1975)	- grupo/gran grupo (USDA, 1975)	- subgrupo (USDA, 1975) - grupo (FAO, 1991)	- familia (USDA, 1975) - unidad (FAO, 1991)
CORRESPONDENCIA CON CATEGORÍAS BIOGEOGRÁFICAS	- región (Takhtajan, 1986)	- provincia/sector (Takhtajan, 1986)	- distrito (Rivas Martínez <i>et al.</i> , 1987)	- tesela (Rivas Martínez <i>et al.</i> , 1987)
UNIDADES INTEGRADAS	región natural	región fisiográfica	comarca fisiográfica	unidad ambiental
CORRESPONDENCIA CON OTROS COMPLEJOS INTEGRADOS	- gran región natural (<i>major natural region</i>) (Herbertson, 1905)	- region natural (Dantín Cereceda, 1922) (Hernández-Pacheco, 1934a)	- comarca natural (Dantín Cereceda, 1922)	- estación (Bourne, 1931)
ÁMBITO DE PLANEAMIENTO	- global	- regional	- comarcal	- local
ÁMBITO POLÍTICO-ADMINISTRATIVO	- supraestatal: mundial, internacional	- estatal: nacional, autonómico	- provincial - mancomunat	- municipal
EJEMPLOS DE FIGURAS E INSTRUMENTOS DE PLANEAMIENTO	- MAB, PNUMA - Carta Europea de Ordenación del Territorio	- Plan Nacional de Coordinación - Planes Directores Territoriales de Coordinación - Directrices de Ordenación Territorial	- Normas Subsidiarias de ámbito Provincial - Normas Urbanísticas Comarcales	- Planes Generales de Ordenación Urbana - Normas Subsidiarias Municipales - Proyectos

Parte II

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

ÁMBITO DE APLICACIÓN

El espacio seleccionado para calibrar la propuesta de clasificación territorial comprende la vertiente septentrional de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón. Su elección se debe básicamente a que en este territorio concurren toda una serie de problemas ambientales, derivados de una falta de ordenación o planificación adecuada.

Tras una prospectiva exploratoria, es necesario destacar la escasa relevancia que presentan en la región los riesgos naturales, siendo por el contrario la degradación del paisaje y la pérdida de naturalidad el problema más generalizado. En efecto, el entorno referido sufre actualmente importantes modificaciones debidas o asociadas a la implantación de nuevas actividades, esencialmente urbanísticas, industriales y de infraestructuras; éstas tienden a sustituir a las agrosilvopastoriles, responsables de la transformación histórica de la región.

El origen de esas transformaciones puede considerarse reciente dado que, tras el despoblamiento generalizado del medio rural en la década de 1960, no tuvo lugar una reorganización inmediata como sucedió en otras regiones donde se instalaron usos alternativos, básicamente de tipo industrial o servicios.

Debido a lo anterior, es en la última década cuando se han producido importantes alteraciones del paisaje, sobre todo a través de dos vías principales de comunicación: el eje Madrid-La Coruña (N-VI, A-VI) en su enlace con Segovia a partir de la carretera N-603; y la Nacional I en su conexión con Segovia por la N-110.

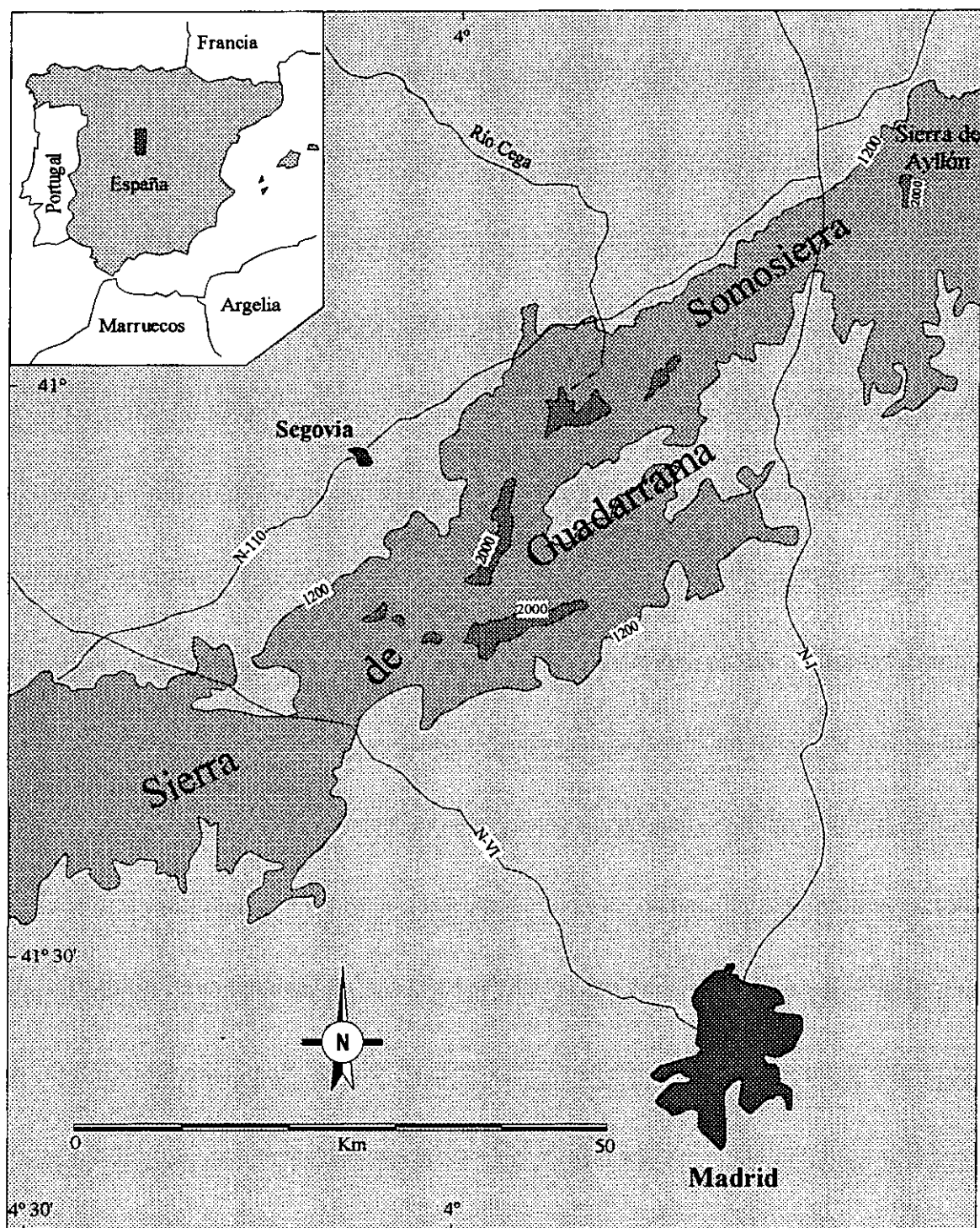
Es así cómo el modelo de transformación de un espacio rural en otro de carácter urbano acaecido ya en gran parte de la vertiente meridional de la Sierra, corre el peligro de extenderse a este sector. De hecho, el corredor que forman estos piedemontes constituye el área de toda la región castellano-leonesa con mayor presión urbanística (JCL, 1996). Por otro lado, este tipo de procesos quedan multiplicados dadas las perspectivas existentes para este entorno: desdoblamiento de la N-603, mejora de la N-110, proyecto de TAV del noroeste.

En este hilo argumental, conviene no perder de vista que este conjunto de actividades asociadas a lo 'urbano' está superponiéndose a otras 'rurales' o tradicionales que, frente a las primeras, siempre se han evaluado poco menos que 'inofensivas' para el equilibrio natural del territorio. Es preciso tener en cuenta que las segundas —es decir, las transformaciones asociadas a la actividad rural— no fueron siempre tan armoniosas; es más, por su duración —y a veces intensidad— han tenido un importante reflejo en la modificación del paisaje. De manera sintética, podemos decir que las consecuencias de este conjunto de actividades han sido: un proceso generalizado de degradación de la cubierta vegetal y edáfica, y la modificación del relieve original por canterado y minería.

Debido a la problemática descrita, han sido varias las propuestas recientes de ordenación territorial para este espacio (Normas Subsidiarias con ámbito Provincial, Directrices de Ordenación Territorial, Red de Espacios Naturales) si bien ninguna de ellas ha consolidado en acciones precisas.

Junto a lo anterior destacan las características del relieve, con gran variedad de configuraciones morfológicas. Ello es debido a que este espacio participa de las tres grandes regiones geológicas peninsulares, lo cual condiciona una historia evolutiva compleja y, en consecuencia, múltiples sucesiones y asociaciones de formas.

En síntesis, el ámbito de aplicación de la propuesta metodológica se circunscribe al sector nororiental del Sistema Central (vertiente septentrional de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón); territorio con unas características naturales derivadas de su carácter de 'región montañosa' en un macizo antiguo, cuyos bordes enlazan con relieves de plegamiento y cuencas sedimentarias recientes. Por otro lado, presenta una problemática ambiental bien definida, debido a una falta de ordenación actual en sus actividades urbanísticas y de infraestructuras, las cuales se están superponiendo a usos ancestrales de naturaleza agrosilvopastoril y minera. Por este motivo, el espacio escogido se presenta como ideal para validar las aportaciones geomorfológicas a los estudios de planificación integrada y restauración del paisaje.



Ámbito territorial de aplicación: vertiente septentrional de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón.

respecto, que describiremos brevemente.

En primer lugar, no existe un trabajo sistemático que abarque este sector y son escasos los ensayos de síntesis para objetivos aplicados; en cambio, hay gran heterogeneidad, dispersión, y solapamiento de trabajos básicos sobre geomorfología regional.

El único estudio con carácter sistemático, lo constituyen los mapas geomorfológicos a escala 1:100.000 incluidos en la cartografía geológica del proyecto MAGNA; sin embargo se limitan al sector occidental, en el cual también se ha realizado una tesis doctoral sobre geomorfología (Fernández García, 1988a). Por tanto, únicamente ese sector presenta un nivel de información adecuado a nuestros objetivos.

De esta forma, nos vimos obligados a llevar a cabo un estudio de investigación geomorfológica para el sector oriental. Una vez realizado, se procedió a unificar la información con la del sector occidental y posteriormente se sintetizó toda ella para clasificar el relieve.

En dicho estudio se abordan problemas muy específicos sobre la interpretación geomorfológica regional, y los contenidos de ese trabajo podrían 'distraer' el hilo argumental que se mantiene a lo largo de esta Memoria. Por este motivo, consideramos más oportuno agrupar toda la información geomorfológica básica en un documento anexo bajo el epígrafe de *Análisis Geomorfológico*, que en cierta medida sigue la metodología ya clásica en un análisis regional: antecedentes, problemática, cartografía, descripción de unidades e interpretación morfogenética, y conclusiones.

Dado que en dicho análisis se describe detalladamente el relieve, aquí nos limitaremos a hacer un breve planteamiento sobre las características del mismo.

En sus líneas esenciales, estos relieves deben su configuración a los acontecimientos geológicos ocurridos durante la orogenia alpina: las principales fracturas del zócalo proterozoico-paleozoico originadas por la tectónica frágil tardihercínica, fueron reactivadas durante esa orogenia; el conjunto quedó desnivelado en bloques, obligando a las coberteras sedimentarias mesozoicas suprayacentes —y en menor medida a las cenozoicas— a adaptarse a las deformaciones mediante pliegues y fallas.

Por la rigidez de los materiales del zócalo, esa reactivación dio como resultado una morfoestructura característica denominada *block mountain*; es decir, alineaciones seriadas de *horsts* y *grabens* limitados por fracturas, que corresponde *grosso modo* a lo que antiguamente era referido como montañas estructuradas en 'estilo germánico'.

Esta morfoestructura, ampliamente descrita en la bibliografía (ver anexo), consolida a lo largo de una serie de etapas, en las cuales coexisten los fenómenos de elevación y arrasamiento: durante el 'terciario' se suceden varios impulsos tectónicos que dejan colgada la primitiva superficie de arrasamiento, a la vez que generan otras nuevas en los piedemontes. Esto origina un relieve en rellanos articulados por sus correspondientes escarpes de enlace, que se ha denominado 'escalera de piedemonte' (*piedmonttreppen*). En el Sistema Central dicha escalera queda organizada según

los siguientes elementos: dos escalones sucesivos en la base (rampas superior e inferior), otro intermedio (parameras) y, por último, una planicie de cumbres (cimas).

En lo esencial, esta evolución está secuenciada por una herencia antigua que elabora la gran penillanura que forma cimas y parameras, y otra reciente responsable del modelado de las rampas en un ambiente de sabana durante el terciario. Estas planicies constituyen el punto de partida para la organización del relieve a nivel regional y, por ello, son las unidades básicas para la correlación entre todos los sectores del Sistema Central. Sin embargo, a otro nivel más detallado aparecen ciertas diferencias controladas por la morfoestructura y morfolitología; en base a ello, se ha propuesto distinguir tres sectores (ver Pedraza, 1994a): uno central, que agrupa las sierras de Guadarrama y Gredos, eminentemente granítico y metamórfico de alto grado de transformación, con el relieve estructurado en *horsts* y *grabens*; dos de borde, oriental (Somosierra-Ayllón) y occidental (sierras de Gata y Peña de Francia), caracterizados por rocas metamórficas de bajo grado de transformación, con el relieve estructurado según las alineaciones de plegamiento antiguo remodeladas diferencialmente por la erosión (relieves apalachianos).

Sobre esa morfoestructura general, han actuado una serie de procesos degradando morfologías previas y superponiendo la suya propia. En general se trata de los fenómenos ocurridos durante la evolución cuaternaria, caracterizada por acciones fluviales, glaciares, periglaciares, y en menor medida gravitacionales.

Restos de morfologías antiguas más o menos degradadas y las nuevas propias de los procesos actuales y recientes (Cuaternario), constituyen los elementos base de toda cartografía e interpretación morfogenética que, *a posteriori*, se integrarán para definir las unidades a distinta escala. Dadas estas circunstancias, el grueso de la información que queda reflejada en el anexo corresponde a los elementos, pues han sido la base para la clasificación del relieve en las categorías de detalle.

6.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Como referimos en la introducción a esta Parte II, las transformaciones efectuadas por el hombre en este territorio derivan, primordialmente de actividades relacionadas con los sectores primarios tradicionales (agrosilvopastoriles). La progresiva extinción de esas actividades (abandono casi total de tierras marginales y disminución de la cabaña ganadera extensiva) parece irreversible en el contexto sociopolítico dominante, y supone un punto de inflexión histórico en la tendencia iniciada en la Alta Edad Media. Todo ello permite por primera vez en muchos siglos, acometer un proceso generalizado de 'renaturalización' del medio (rural).

Sucede sin embargo, que la 'fácil disponibilidad' de territorio está dando lugar a su ocupación desordenada por actividades industriales y urbanas. Este proceso, aunque generalizable a otros espacios de la Península Ibérica, toma aquí rasgos especiales debido al modelo de referencia en que se apoya: la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama y Madrid. Desde determinados ámbitos locales se promueve imitar dicho modelo en la vertiente septentrional.

Así las cosas, la transformación actual más importante en esta vertiente del Sistema Central se encuentra asociada a los procesos de urbanización. Dicho proceso es enormemente complejo, y hasta ahora siempre lo han regulado los criterios económicos frente a los territoriales. No es extraño, por tanto, que sobre un paisaje de fuerte impronta agrosilvopastoril, se estén imponiendo hoy urbanizaciones e infraestructuras (autovía San Rafael-Segovia, trazado del TAV hacia el noroeste peninsular), a la vez que cobra interés el sector de las rocas industriales con numerosas actividades extractivas en el entorno de la Sierra.

6.2.1. Evolución histórica de las transformaciones territoriales

Aunque el antecedente más inmediato de la configuración actual del territorio rural de esta zona puede situarse en las transformaciones acaecidas desde la Alta Edad Media, lo cierto es que las modificaciones de origen antrópico tienen raíces más antiguas, casi ancestrales.

6.2.1.1. Actividades agrosilvopastoriles

Haciendo una revisión en orden cronológico, comenzamos por señalar que la incidencia real de la intervención humana en este sector durante el Paleolítico es difícil de conocer, si bien parece que fue escasa; se cita la presencia de actividad antrópica en las proximidades de la Sierra (Cueva de la Griega, Pedraza) en base a restos datados en unos 20.000 años (Barrio *et al.*, 1987), es decir, Paleolítico Superior.

Según Zamora (1989), las primeras transformaciones territoriales dignas de mención —al igual que en otros ámbitos geográficos próximos— se remontan al periodo Neolítico. De esa época datan las primeras deforestaciones asociadas, sobre todo, al inicio de asentamientos humanos permanentes que desarrollan la agricultura, y domestican el ganado; en cualquier caso y en relación con otras regiones ibéricas, parece que tales sucesos aquí no fueron importantes, debido a la existencia de una menor densidad de población. Y menos aún en las proximidades de la Sierra, donde únicamente las zonas cársticas conservan restos arqueológicos atribuibles a este periodo (Cueva de Los Enebralejos, en Prádena; Cueva de La Vaquera, en Torreiglesias).

Durante las edades del Bronce y del Hierro tiene lugar un crecimiento demográfico, y se intensifican las actividades antes referidas. La aparición en estas épocas de poblados en zonas altas (pequeños ‘castros’), como los del Cerro de la Sota (Torreiglesias), Segovia, Pedraza, o Ayllón, fácilmente defendibles, llevó aparejada la tala de vegetación en las zonas inmediatas a dichas defensas, así como una considerable modificación del entorno más próximo (Zamora, *op. cit.*). También se vieron afectados en mayor medida los espacios más fértiles, como las vegas, asociados a una economía basada en la existencia ya de numerosos rebaños de bóvidos y ovicápridos, como demuestran los restos arqueológicos encontrados en la cueva de la Solana de la Angostura en Arevalillo de Cega (Moreno Sanz, 1989).

A partir de la Edad de Bronce la incidencia sobre el paisaje comienza a ser notoria, siempre asociada a un aumento demográfico y a una diversificación de los tipos de asentamientos y actividades. Las primeras roturaciones importantes para explotaciones agrícolas situadas en torno a las villas, datan de época romana (Zamora, *op. cit.*). Existen restos de villas rústicas de edad romana en Madrona, Segovia, Pedraza, Valseca, Ventosilla y Tejadilla, Requijada, y Orejana (Barrio *et al.*, *op. cit.*).

Todos los datos apuntan a que los visigodos no introdujeron grandes cambios en los usos del suelo instalados por el mundo romano, siguiendo una organización similar en cuanto a explotaciones agrarias se refiere y aprovechando incluso sus asentamientos.

Las luchas entre musulmanes y cristianos debieron generar también la desaparición de importantes masas arboladas, bien mediante estrategias de tierra quemada, bien por su uso ganadero; así, el carácter 'montaraz' de estas tierras con abundantes zonas de pastos y bosques, fue siempre muy favorable al uso pecuario, actividad que contaba con la ventaja de adaptarse perfectamente —por su movilidad— a un espacio con carácter de 'frontera' (Allué *et al.*, 1995).

Sin embargo, el momento histórico del que data la deforestación masiva de superficies en el piedemonte septentrional de las sierras de Guadarrama y Somosierra-Ayllón, llega con la Repoblación, en la Alta Edad Media. Conforme se fundaban o reorganizaban pueblos con el avance cristiano hacia el sur peninsular, los núcleos ya instalados vieron aumentar de modo considerable el número de habitantes; por ello fue necesario extender los cultivos a expensas de pastizales y bosques.

Esas transformaciones tuvieron mayor incidencia en los sectores del piedemonte, quedando las 'sierras', o espacios orográficamente más elevados, aún en un estado prácticamente 'natural'. Así por ejemplo, la Sierra fue para esta época un espacio utilizado mayoritariamente para la caza. Enríquez de Salamanca (1981) se hace eco de varios pasajes del *Libro de la Montería* de Alfonso XI, en el que se citan expresamente lugares como la 'Garganta de Ruy Velazquez' (cabecera del río Moros), la 'Acebeda de Riofrio', 'Valsavin' (Valsafn), o 'La Mata de Pirón', los cuales son descritos como espacios donde abundan el oso, el jabalí, el corzo y el lobo. Precisamente esa abundancia de caza condicionó la elección de los montes de Valsafn como cazadero por los primeros reyes de Castilla.

Tenemos pues que las primeras transformaciones territoriales importantes tienen lugar en el periodo de la Edad Media, con una explotación articulada en torno a las Comunidades de Villa (o Ciudad) y Tierra, estructuras cuya influencia aún hoy es perceptible. Las villas que mayor peso tuvieron sobre las tierras de la Sierra fueron: Segovia (ciudad), Pedraza y Sepúlveda en el sector central; y Riaza, Fresno y Ayllón en el sector más oriental. Pero además, la influencia real de las comunidades segovianas sobre el conjunto montañoso fue importante a partir de este periodo, cuyo territorio histórico penetraba ampliamente en la vertiente meridional (sexmos de Lozoya, Manzanares y Casarrubios).

Superado el problema de lucha con los árabes, comenzó una enconada disputa entre agricultores y ganaderos, como es lógico, a expensas de los espacios arbolados; en las comarcas serranas ese pulso se decantó, sobre todo, a favor de los segundos. En efecto, si existe una actividad cuyo crecimiento debió ser espectacular en el medievo fue la ganadería. Esta circunstancia se vio favorecida por las características del medio físico (sustrato y clima), de vocación claramente silvopastoril. La ganadería ovina experimentó en este periodo un gran incremento; los propietarios de los grandes rebaños culminaron su potencial con la creación del 'Honrado Concejo de la Mesta' en 1273, cuya trayectoria histórica se prolongó hasta principios del siglo XIX.

El incremento de la cabaña ganadera hizo que la extensión de zonas pastoreadas fuera notable (Barrio *et al.*, 1987): primero con una trashumancia entre la Sierra y la Meseta; posteriormente con una trashumancia larga, pasando a la vertiente meridional de la Sierra. De este modo las vertientes septentrionales de Guadarrama y Somosierra-Ayllón quedaron convertidas en "la más importante encrucijada de la trashumancia castellana" (Barrio *et al.*, *op. cit.*), situada en el centro de una red de comunicación de vías pecuarias que conectaban los pastos veraniegos al norte del Sistema Central con los invernales del sur, en Extremadura y Andalucía. Son numerosos los restos que quedan hoy de esa superestructura ganadera; en especial la red de comunicaciones mediante vías pecuarias, de la que es un magnífico ejemplo la 'Cañada de la Vera de la Sierra' (Soriana Occidental), así como varios 'ranchos' o 'esquileos'.

Esta actividad, responsable del esplendor económico de Segovia durante varios siglos, tuvo una incidencia no menos importante en la cubierta vegetal y edáfica de todo el piedemonte serrano (foto 6.1). Se hace muy difícil cuantificar las repercusiones reales de ese sobrepastoreo, pero seguramente fue mucho más importante de lo que imaginamos. Probablemente tenga este origen, por ejemplo, el aspecto 'desnudo' que ofrecen muchas laderas serranas actuales (p. ej., pico de La Atalaya) o el que ofrecían otras con anterioridad a su repoblación forestal y su reciente recuperación natural, así como el carácter 'raquítico' de muchos suelos del piedemonte.

Durante todo este periodo medieval los bosques fueron quedando progresivamente confinados a espacios comunales sobre los que, por otra parte, empezaron a pesar duras ordenanzas para castigar las cortas excesivas o sin autorización (Allué *et al.*, 1995).

Ya en la Edad Moderna el incremento de los cultivos afectó a amplios sectores del piedemonte, y estuvo de nuevo motivado por un aumento demográfico generalizado. De este modo, mediante roturación, se fueron incorporando al cultivo tierras cada vez más marginales y de peor calidad. El efecto de esas actividades agrícolas sobre la cubierta vegetal tampoco es fácil de valorar, pero todo permite suponer que el incremento de la superficie roturada se produjo en detrimento del área ocupada por encinares y quejigares, sobre todo en las campiñas.

Excluidas fluctuaciones ligadas en muchos casos a las variaciones demográficas y a su 'competencia' con las actividades agrícolas, la ganadería continuó durante este periodo con su espectacular incremento. Únicamente a partir del siglo XVIII, la excesiva expansión de los cultivos provocó una escasez de pastos, haciendo disminuir la cabaña ganadera (Barrio *et al.*, *op. cit.*).

Al elaborarse el Catastro del Marqués de La Ensenada a mediados del siglo XVIII (ver Allué *et al.*, *op. cit.*), los usos del suelo eran ya muy similares a los actuales, condicionados sin duda en gran parte por el medio físico: los relieves de campiña próximos a la Sierra se dedicaban mayoritariamente al cultivo de cereales, mientras que éstos eran más escasos en las comarcas situadas sobre los terrenos del piedemonte, donde abundaban los pastos y el terreno improductivo.

Por la repercusión que posteriormente tendría para su mantenimiento, es necesario destacar aquí un hecho significativo que ocurre en este momento histórico: nos referimos a la incorporación a la Corona, en 1761, de los Montes y Matas de Pinares y Robledales de Balsaín, Pirón y Riofrío —pertenecientes hasta entonces a la Junta de Nobles Linajes de la ciudad de Segovia—.

Es necesario destacar para este periodo, cómo la Sierra y su piedemonte aún conservaban importantes masas forestales. Lafnez (1964), describe una Real Ordenanza promulgada en 1774 por la que se declara vedada y acotada "para real recreación y entretenimiento" la caza y la pesca en el citado real bosque de Balsaín, compuesto entonces por masas que se extendían desde el Puerto de Navacerrada hasta Navas de San Antonio, Marugán, Sangarcía, Añe, Ahusín, Cantimpalos, Pinillos, Peñarrubias, Torreiglesias, Carrascal, La Cuesta, Santiuste, Torre Val y Navafría. De este trabajo parece deducirse que, aunque con carácter discontinuo, las masas forestales ocupaban entonces una extensión considerable en el entorno de la Sierra, al menos en el área de influencia de estos 'reales bosques'.

Otro aprovechamiento ancestral con especial incidencia en esta época, el carboneo, parece ser responsable de los paisajes adehesados del robledal situado al pie de la Sierra, denominados popularmente 'matas'; entre las descritas desde antiguo como tales, es posible citar las actuales de Rianza, Valsaín, La Saúca y Pirón.

La invasión francesa de 1808, llevó pareja la puesta en práctica de las ideas económicas liberales imperantes en la Europa de aquéllos momentos. Una de ellas, los conocidos procesos de desamortización, debieron provocar importantes modificaciones en el paisaje vegetal de este sector de la Submeseta Norte. Significativo fue, por ejemplo, el proceso desamortizador de los bienes de la Iglesia, realizado al amparo de la Ley Mendizabal de 1837, que afectó en la provincia de Segovia a importantes propiedades eclesiásticas. Sin embargo, la actividad desamortizadora más intensa se desarrolló tras la entrada en vigor de la Ley Madoz de 1855, destinada a facilitar la enajenación de terrenos comunales del Estado, la Iglesia y el Ejército, entre otros. Se trataba así de privatizar, en definitiva, todas las tierras susceptibles de ser cultivadas.

De nuevo según Allué *et al.* (*op. cit.*), las repercusiones de la Ley Madoz en lo que a roturación de terrenos forestales se refiere no han sido establecidas todavía con exactitud. Se sabe que desaparecieron sobre todo encinares y en menor medida sabinas. Estos últimos fueron siempre menos solicitados por los particulares, por estar ubicados sobre suelos poco aptos para el cultivo agrícola; los encinares, localizados en suelos potencialmente cultivables, fueron los más afectados.

Así pues, la extensión de las tierras de cultivo a lo largo de todo el siglo XIX fue importante, y debida a: los procesos de desamortización, la supresión de los privilegios de la Mesta, y un notable

crecimiento demográfico (Barrio *et al.*, *op. cit.*). Tras una crisis generalizada del sector agrícola a finales del siglo XIX, en las tres primeras décadas del siglo XX se produce una recuperación que va unida a las mejoras técnicas.

La época de la posguerra civil estuvo marcada por la penuria y la crisis generalizada. Tanto es así que, por ejemplo, las producciones de cereales no llegaron a alcanzar de nuevo los valores de 1935 hasta el año 1955, momento en el que se cifra la máxima extensión de terrenos cultivados de las últimas décadas (Barrio *et al.*, *op. cit.*); esta circunstancia queda manifiesta en el seguimiento realizado para el área de estudio a través de fotografías aéreas del año 1946, donde es posible observar amplias superficies del piedemonte cultivadas.

Aunque con origen antiguo, de esta época datan también importantes repoblaciones forestales en la vertiente septentrional del Sistema Central. Las llevadas a cabo después de la Guerra Civil, fueron realizadas por el Patrimonio Forestal del Estado, más tarde el ICONA, sobre terrenos adquiridos por el Estado en las laderas norte de Guadarrama y Somosierra, en altitudes comprendidas entre los 1.200 y 1.900 metros; las especies más utilizadas fueron el pino silvestre y, en mucha menor medida, el pino laricio y el pino negral (Allué *et al.*, *op. cit.*).

La práctica de estas actividades transformó notablemente el paisaje, cubriendo buena parte de las antiguas laderas serranas. Las repoblaciones de pino silvestre en la sierra segoviana han estado sujetas a diferentes interpretaciones. Para unos, han configurado masas de gran calidad, al haberse implantado en lugares bien adaptados a sus características ecológicas y haber respetado buena parte de los piornales y pastizales de altitud, tan importantes para la ganadería; para otros, no todas las repoblaciones parecen haber sido tan benefactoras. En cualquier caso, las masas de pino silvestre constituyen posiblemente la imagen con que más se identifica esta vertiente del Guadarrama.

6.2.1.2. Cantería y minería tradicionales

Las actividades extractivas fueron importantes desde antiguo en toda la zona, especialmente aquéllas que explotaban los materiales sedimentarios cretácicos (arenas silíceas y arcillas refractarias) cuya extensión en el piedemonte septentrional de la Sierra de Guadarrama es amplia.

Las primeras referencias históricas bien documentadas datan de 1451, fecha en que el rey Enrique IV prohíbe la extracción de arenas en las proximidades de la muralla de la ciudad de Segovia debido a los problemas de derrumbamiento que ocasionaban a ésta (ver Díez Herrero y Martín Duque, 1993a). Pero un hecho parece condicionar sobremanera la explotación de arenas silíceas y arcillas refractarias en las proximidades de Segovia: la creación de la Real Fábrica de Vidrios y Cristales de La Granja, en 1770. Bowles (1775) ya habla de la importancia de tal actividad en este entorno condicionada por la real fábrica, y Areitio y Quiroga (1874) señalan además la utilización de los materiales caolínicos y silíceos para la manufactura de porcelanas en la 'fábrica de loza' *La Segoviana*.

Prueba de la antigüedad de las actividades mineras es que los autores citados, junto a Cortázar (1891) o Calderón (1897), señalan la existencia de estas explotaciones "desde tiempos inmemoriales", indicando su localización en La Lastrilla, Bernuy de Porreros, Hontoria, Espirido, La Higuera y en la propia ciudad de Segovia. Cortázar (*op. cit.*) hace notar la gran importancia industrial que habrían de tener estos materiales cretácicos —como en realidad ha sido y está siendo—.

En torno a la década de 1950 tiene lugar un nuevo auge de estas actividades, aún para proporcionar arenas con destino a la fábrica de vidrio de la Granja pero ya con un mercado mucho más amplio. El método de explotación más común empleado en esta época son las 'galerías' o 'cuevas', excavadas directamente en los materiales, y pequeños frentes muy superficiales en la ladera a modo de pequeñas 'calicatas'.

Tales aprovechamientos históricos han dado lugar a una serie de canteras abandonadas, cuyos restos son visibles casi de forma continua en prácticamente todos los frentes de cuesta de la zona, especialmente en el entorno de la ciudad de Segovia (laderas de El Terminillo; foto 6.2) y en los núcleos rurales cercanos (Hontoria, La Lastrilla, Espirido, La Higuera).

Cortázar (*op. cit.*) también destaca la relevancia de las canteras de calizas y dolomías para construcción o la obtención de cal; de nuevo se localizan en el entorno de la ciudad de Segovia (valle de Tejadilla, Altos de La Piedad, Zamarramala, La Lastrilla, valle de Matamujeres), donde el número de edificios históricos es grande, y en Bernuy de Porreros, La Higuera, Caballar, o Vegas de Matute. Por otro lado y como lo demuestran numerosas edificaciones religiosas construidas con esas rocas, la cantería de calizas y dolomías debió ser importante en el área de influencia de la Comunidad de Villa y Tierra de Pedraza en el periodo medieval.

Otro uso principal de la 'cantería' practicada en los escarpes de frentes de cuesta sobre materiales cretácicos, fue la reparación de caminos y la construcción de 'cercados' (Moreno Sanz, 1989). También existió desde antiguo una cantería en materiales de la Sierra, como muestran la infinidad de edificios construidos con 'granitos' (Acueducto y palacios renacentistas de Segovia) o la arquitectura popular en pizarra o cuarcita (Becerril, El Muyo, Alquité).

La minería metálica ha dejado vestigios dispersos por toda la Sierra; destacan los restos de las minas romanas en Otero de Herreros, arroyo Zancado (Vegas de Matute), y las proximidades de Riaza; la primera, del siglo I d.C., con "un gran depósito de escorias ferruginosas", así como excavaciones rellenas de escombros y cimientos que parecen indicar la existencia de fundiciones y otros edificios anexos (Cortázar, 1891). Más recientemente, las explotaciones quedan restringidas a pequeñas minas y calicatas que explotaban filones de cuarzo con mineralizaciones hidrotermales aprovechando la demanda de wolframio en el periodo de la II Guerra Mundial. Su incidencia ambiental se limita a pequeñas escombreras de estériles, que salpican las laderas de la Sierra en localidades como El Espinar, Otero de Herreros, Rades del Puerto, Bernuy de Porreros, etc. Este espectro se completa con explotaciones puntuales de yacimientos cupríferos, mineralizaciones de piritas, arsenicales, óxidos, etc., incluso indicios de oro y plata en el entorno de Riaza.

6.2.1.3. Poblamientos y primeras obras públicas

El hecho fundamental que determina la articulación de los núcleos rurales en este territorio es, como ya apuntamos, el proceso de repoblación castellana y de él derivan ciertos topónimos ligados a repobladores (Sanchopedro, Martín Muñoz de Ayllón, Santibáñez de Ayllón). Así, salvo algunas poblaciones más antiguas creadas con fines defensivos (Segovia, Pedraza, Sepúlveda, Ayllón), la mayor parte proceden de la organización de este territorio en Comunidades de Villa y Tierra (a partir del siglo XI); en ellas, la Villa era el centro administrativo y su Tierra estaba formada por un conjunto de poblaciones adyacentes. Esas poblaciones menores se habrían establecido en muchos casos por una especialización funcional, en virtud de las características del medio físico: pastos, bosques, puertos de montaña, etc., pero casi siempre conjugando estos recursos con una relativa —y segura— proximidad a cursos de agua. Y he aquí que el origen de la mayor parte de los topónimos sea precisamente de tipo fisiográfico: Val de San Pedro, Sotosalbos, Collado Hermoso, La Salceda, Guijasalbas, El Arenal, Navafría, La Matilla, Matabuena, Matamala, Sonsoto, Riofrío, Valsaín, La Cuesta, Huerta, Prádena, Valleruela, La Lastrilla, etc.

Esta distribución del poblamiento, de origen medieval, apenas se vio modificada posteriormente por la construcción de los palacios reales de Valsaín, La Granja o Riofrío; en estos casos, los lugares escogidos, primero por los Austrias y luego por los Borbones, estaban siempre relacionados con la caza y el descanso estival (CENEAM, 1993). Una discusión frecuente e interesante, se suscita en torno al 'impacto' que debieron provocar dichas construcciones sobre su entorno y las valoraciones que de ello se hace en la actualidad.

Y no sería ya hasta finales del siglo XIX y principios del XX, cuando otro factor condicionará la creación de nuevos núcleos urbanos en estas comarcas: la construcción del ferrocarril Villalba-Segovia a finales del siglo pasado, hecho que dio origen a los núcleos de la Estación de El Espinar y Gudillos.

Varios autores (Sanz Herraiz, 1992; Sintés *et al.*, 1994; entre otros), han tratado el llamado "descubrimiento del Guadarrama", efectuado a finales del siglo XIX y principios del XX por una serie de científicos e intelectuales. A partir de ese momento la Sierra comenzaría a percibirse como un espacio capaz de otorgar más beneficios que inconvenientes —como hasta ese momento había sucedido—.

Uno de esos beneficios era, y es sin duda, el clima estival. Breñosa y Castellarnau (1884) comparan los climas de Madrid y San Ildefonso, y señalan que este factor es uno de los que más habrían influido en la elección del Real Sitio como lugar de veraneo:

"Tan notables diferencias explican la venida periódica de una elegante colonia madrileña que, huyendo del aquel abrasador y caliginoso estío, busca grato solaz y benigno temple en el fresco y embalsamado valle de Valsaín." (Breñosa y Castellarnau, 1884: 27).

Se produjo así la instalación de las primeras colonias burguesas de veraneantes en los pueblos de la vertiente septentrional de la Sierra, hecho que repercutió en el crecimiento de poblaciones como San Rafael, El Espinar o San Ildefonso.

Por lo que respecta a las primeras infraestructuras, el resto más antiguo de una ‘obra pública’ en el dominio estricto de la Sierra lo constituye la calzada romana que atravesaba por el Puerto de la Fuenfría, de la cual aún quedan partes visibles. Dicha calzada fue durante mucho tiempo el único paso pavimentado de la Sierra.

Con posterioridad, irían estableciéndose caminos por los corredores más favorables para atravesar estas montañas; los pasos naturales fueron Somosierra, Guadarrama, Navafría, Malagosto, la Quesera, Navacerrada, etc. Por ellos cruzaron las principales vías pecuarias de la submeseta norte a la submeseta sur, y más tarde condicionaron las principales infraestructuras viarias (carretera y ferrocarril).

Quizás una de las primeras ‘obras hidráulicas’ de la Sierra fueron los azudes para captación de aguas. En esta vertiente septentrional, han sido muy frecuentes para la conducción de agua a los pueblos del piedemonte mediante las denominadas ‘caceras’; destacan entre ellas las de los ríos Viejo, Pirón, y Cambrones. Restos de estos ‘azudes’ se conservan hoy casi íntegros —aún con las diferentes reparaciones que han tenido—; un magnífico ejemplo lo constituye el sistema de conducción del Pirón (ver Sintés *et al.*, 1994). Pero sin duda la ‘cacera’ más famosa en esta vertiente es la que tiene su origen en el río de la Acebeda y da lugar al acueducto romano de Segovia. Este dato parece indicar que el resto de canales, existentes con seguridad antes del siglo XV, pudieran tener un origen romano. Obra también destacada fue la construcción de El Mar de la Granja, para abastecer el sistema de fuentes en los jardines del Palacio.

En relación con la transformación histórica del paisaje en la vertiente norte de la Sierra, quedan aún por explicar aspectos como el origen del material de construcción del Acueducto de Segovia; siempre y cuando éste procediera de aquí, lo cual es puesto en duda por los historiadores locales (J.A. Ruiz Hernando, com. pers.).

6.2.2. Transformaciones recientes

Englobamos bajo este epígrafe aquellas modificaciones territoriales cuyo origen se encuentra asociado a la crisis de las actividades rurales, y a su sustitución por otras de carácter ‘urbano’ o ‘industrial’, siempre relacionadas con la función, más o menos dependiente, de espacio de turismo y ocio de la gran urbe madrileña (ver Marinero, 1992).

6.2.2.1. Abandono de prácticas agrarias tradicionales. Repoblaciones forestales

Al igual que en otras zonas del país, la crisis generalizada del sector rural tiene lugar aquí en la década de los años sesenta. En este periodo se produce un fuerte proceso de despoblamiento del medio rural y por tanto de abandono de campos de cultivo y zonas de pasto. Estamos hablando así de un punto de inflexión desde el proceso histórico de Repoblación, que se había iniciado en la Alta Edad Media.

La regulación o abandono del pastoreo en los montes públicos, y la sustitución en el uso de madera por combustibles fósiles, han permitido una evidente recuperación de la cubierta vegetal y edáfica en amplias superficies. Son muchos los espacios que de este modo han ido poco a poco poblándose de matas, matorrales y monte bajo.

En resumen, los hechos que marcan esta época son la disminución experimentada por la cabaña ganadera extensiva y el abandono de cultivos en tierras marginales, los cuales han dado lugar a las modificaciones paisajísticas más notables de este siglo —exceptuando las de carácter urbanístico que trataremos más adelante—. Nos referimos al importante avance experimentado por las masas forestales de forma natural, caso muy notorio por ejemplo en las comarcas de Prádena y Pedraza donde son especialmente destacables las amplias superficies de sabinar joven en progresión y ocupando antiguas zonas de cultivo o pastoreo intensivo. Este proceso de recuperación es bien evidente de nuevo a partir del seguimiento de fotografías aéreas de los años 1946, 1956, 1972 y 1985.

No es fácil hacer predicciones acerca del sentido en que se va a producir la evolución de la cubierta vegetal en un futuro para este sector serrano, pero está claro que la tendencia al abandono de prácticas agrarias continuará siendo determinante, y que favorecerá su recuperación. Sin embargo, parece que este proceso entrará irremediablemente en conflicto con la urbanización.

Asimismo, es pronto para determinar cómo afectará a la repoblación efectiva de terrenos ahora despoblados y en qué medida motivarán cambios en el paisaje las recién aprobadas ayudas para la reforestación de tierras agrícolas con fondos de la Unión Europea, y otras medidas similares que aparezcan en el futuro. En cualquier caso, el modo en que se efectúen dichas acciones será decisivo.

Junto a esta evolución generalizada de recuperación de la vegetación natural, han aparecido dos procesos menos positivos: la repoblación forestal mediante terrazas, aun después que este método haya sido puesto en entredicho debido a la degradación que ejerce en la cubierta edáfica; técnicas de explotación y gestión forestal inadecuadas, como las cortas a ‘matarrasa’; y la construcción de modernas naves ganaderas para explotaciones intensivas, fundamentalmente de porcino y vacuno, altamente impactantes en el paisaje de la Sierra.

6.2.2.2. *La minería moderna*

En relación con la evolución actual de este sector industrial en nuestro país, en este espacio la minería metálica puede considerarse desaparecida, mientras que han experimentando un gran auge las rocas industriales. La explotación de arenas silíceas y arcillas refractarias —de gran importancia histórica— puede considerarse el sector que más ha crecido. Con el proceso de mecanización e industrialización general, la extracción de estos materiales mediante galerías ha dado paso a una minería a cielo abierto ayudada por potente maquinaria. En general se trata de excavaciones ‘de ladera’, que horadan los ‘frentes de cuevas’ mediante banqueo sucesivo (foto 6.3).

Restos abandonados de este tipo de minería a cielo abierto, llevadas a cabo con maquinaria moderna, se encuentran en Vegas de Matute, Hontoria, Segovia, La Lastrilla, Bernuy de Porreros, Valseca, Espirido, La Higuera y Matabuena. Mientras tanto, existen otras activas en Arcones, Orejana, Valleruela de Sepúlveda, Espirido, La Higuera y Valseca, como más significativas.

En cuanto a la explotación de rocas ígneas y metamórficas, sólo existen canteras activas en el espacio serrano y su piedemonte en: Arcones, Villacastín, Hontoria, Serracín y Vegas de Matute. Tal situación contrasta con la proliferación de este sector (cantería de granitos) en la vertiente meridional de la Sierra.

En conjunto, la ordenación del sector minero es escasa existiendo numerosas explotaciones ilegales. Por otro lado, los planes de restauración previstos por la ley desde el año 1982 no se cumplen en prácticamente ningún caso.

6.2.2.3. Urbanización e infraestructuras

Aunque la aparición de 'segundas residencias' en determinados municipios serranos se iniciara a finales del siglo XIX, su proliferación en la vertiente nororiental del Sistema Central data de la década de 1970. Este proceso es similar y, hasta cierto punto, continuación de la gran explosión 'urbanizadora' ligada al crecimiento del área metropolitana madrileña. Tiene lugar en el Guadarrama meridional a partir de la década de 1960 y coincide con una etapa de fuerte crecimiento económico y crisis generalizada del sector rural. Todo ello ha sido estudiado en detalle por Valenzuela (1977), en un trabajo que se ha convertido en referencia obligada a la hora de abordar este fenómeno.

La propia orografía de la Sierra condicionó inicialmente la extensión de la gran metrópoli madrileña, reduciéndola prácticamente a la vertiente sur. La apertura del túnel del Guadarrama en la década de 1960, la transformación de la carretera de La Coruña en autopista, y la N-I en autovía, son mejoras en los sistemas de comunicación que han favorecido la accesibilidad desde Madrid con la consiguiente la proliferación urbanística.

Esta demanda de espacio 'no urbano' por parte de la gran urbe madrileña, se vio pronto reforzada por la oferta surgida en la propia vertiente norte del Guadarrama, que podríamos calificar de amplia (Hita, 1995).

Así pues, lo que en realidad condiciona esta oferta es la proximidad a Madrid y los recursos naturales y culturales del Guadarrama septentrional que actúan como reclamo: gastronomía, patrimonio histórico-artístico, deportes al aire libre, artesanía, paisaje, entre otros.

Ese conjunto de estas actividades ligadas al ocio y turismo, determina una serie de modificaciones territoriales asociadas que podemos agrupar en: urbanización e infraestructuras, entre las cuales existe además una relación de reciprocidad. En resumen, la urbanización constituye la actividad (real y potencial), que en mayor medida está transformando esta vertiente del Sistema Central.

La creación de urbanizaciones según el modelo propio de los 'años sesenta' afortunadamente no cuenta con demasiados ejemplos; quizás por haber llegado con retraso respecto al sistema implantado en la vertiente meridional. Oria *et al.* (1991) señalan: 'La Pinilla', en Cerezo de Arriba (1972), 'Los Ángeles de San Rafael' en El Espinar (1977), 'Monte Los Cortos' en Duruelo (1980), 'Pinar Jardín' en Marugán (1982) y 'Montevegas' en Vegas de Matute (1989). Todas ellas construidas al amparo del planeamiento y en lugares de alto interés natural.

En cualquier caso, como señala Valenzuela (1992) para la vertiente meridional, el modelo 'urbanización' se halla en verdad liquidado y también aquí tiene escasa incidencia actualmente.

Así, condicionado por la 'mala fama' de las urbanizaciones entre un creciente sector de la opinión pública y por los numerosos problemas que han ocasionado a sus usuarios, se está imponiendo una nueva tipología de transformación de cara más amable. Se trata de la oferta de "complejos turísticos de calidad" que, bajo la patente de "proyectos de interés social", son los grandes beneficiarios de subvenciones públicas.

Un caso emblemático lo constituye el complejo urbanístico-deportivo de La Pinilla (foto 6.4). Otro suscitó recientemente una importante polémica: el denominado *Proyecto de Ecodesarrollo de la Sierra de Guadarrama* que contemplaba, preferentemente, la mejora en las infraestructuras de las estaciones próximas a Navacerrada. Finalmente está el *Panorámico de Segovia*, complejo turístico, cultural y de servicios ubicado en la finca de la Pedrona (La Losa) a los pies mismos de la Mujer Muerta, con 5.000 m² construidos.

Propuesta de esta naturaleza no realizada pero que sigue latente, es un posible complejo turístico en un espacio colindante al Parque de Riofrío; en esta ocasión la oferta se enmascara tras "un campo de golf". En circunstancias similares están los municipios de El Espinar, Madrona, o Riaza.

En este contexto se encuadra también la reciente urbanización *La Canaleja*, creada en torno a la estación de Otero de Herreros (foto 6.5) o la persistencia por sacar adelante un viejo proyecto en la Dehesa del Retamar de Navafría.

En general todos estos procesos tienen su vía de penetración fundamental a partir de los ejes formados por la autopista A-6 y la carretera N-603. Pero también comienzan a desarrollarse a través de la N-I y la carretera N-110 en dirección a Segovia; se está creando así una presión a modo de 'pinza', que se extiende a su vez a la Sierra de Ayllón.

La escasa incidencia del modelo 'urbanización' no ha impedido, sin embargo, la ampliación desmesurada y poco planificada del suelo urbanizable en varios de los núcleos preexistentes. Los casos más notables son: Riaza, San Ildefonso, El Espinar, Las Navas de Riofrío, La Losa y Torrecaballeros, Palazuelos de Eresma, y La Lastrilla. Así, las mayores cotas de incremento en el espacio construido en el área de influencia de esta vertiente de la Sierra no lo está ocasionando la segunda residencia a expensas de Madrid, sino la expansión de la propia ciudad de Segovia, situada a tan sólo 10 km de la Sierra. Tan notorio como desordenado, ha sido su crecimiento por las carreteras N-601, N-603, y N-110, así como el de las poblaciones más próximas: La Lastrilla,

Torrecaballeros, Trescasas, San Cristóbal, Palazuelos, Espirido y Hontoria. En estos casos la política más frecuente es la de hechos consumados: parcelación, venta y construcción en suelo no urbanizable, y reconversión en suelo urbano por normas urbanísticas posteriores (Oria *et al.*, 1991).

En este repaso a las transformaciones territoriales debidas a la urbanización, es necesario destacar otro proceso: se trata de la ocupación ilegal de suelo no urbanizable por viviendas unifamiliares aisladas, normalmente de muy baja calidad de construcción y enmascaradas mediante su pretendida asociación a una explotación ganadera, cuando realmente actúan como segunda residencia. La magnitud de las transformaciones es aún pequeña, pero la falta de control está contribuyendo a la expansión de construcciones anárquicas y al incremento del impacto paisajístico.

Finalmente y en consonancia con lo que también refleja Valenzuela (1992) para la vertiente madrileña, se aprecia una tendencia al crecimiento de viviendas unifamiliares permanentes, bien de profesionales libres (Brieva, Basardilla, Torrecaballeros), bien de gente que se desplaza diariamente a trabajar en Madrid o Segovia; todo ello se verá favorecido por la mejora en las comunicaciones, en especial el inmediato desdoblamiento de la carretera N-603.

Por lo que respecta a las infraestructuras, los principales ejes viarios que atraviesan la vertiente septentrional de la Sierra de Guadarrama actualmente son: las carreteras N-VI (puerto de Guadarrama) y autopista A-6 (túneles de Guadarrama); la autovía N-I (puerto de Somosierra; foto 6.6), y la N-601 (puerto de Navacerrada); asimismo, siguiendo un trazado al pie de las elevaciones montañosas y más o menos paralelo a sus alineaciones, aparecen las carreteras N-110 Soria-Plasencia, desde Segovia hasta Riaza, y la N-603 desde San Rafael a Segovia.

El ferrocarril atraviesa el espacio montañoso en dos puntos: Guadarrama (Villalba-Segovia-Medina del Campo), y Somosierra (Madrid-Burgos). Es necesario destacar aún una tercera línea: la que une Cercedilla con el Puerto de Cotos. Tales vías de comunicación están muy condicionadas por la orografía y aprovechan los pasos tradicionales y corredores naturales. Es destacable por ello la coincidencia en su trazado entre las antiguas vías pecuarias y las modernas vías de comunicación: la N-I es paralela a la Cañada Segoviana, la N-VI a la Leonesa oriental, y el eje N110-N603 a la Soriana Occidental.

Las perspectivas más inmediatas en este sentido, están marcadas por dos hechos: el proyecto de comunicación entre Madrid y el noroeste peninsular mediante tren de alta velocidad, y el desdoblamiento y conversión en autovía de la carretera N-603 San Rafael-Segovia.

El primer proyecto (nuevo acceso ferroviario al norte-noroeste) inicialmente contemplaba varias alternativas que presentaban salidas a esta vertiente norte mediante túneles, bien en el término municipal de Matabuena, bien por Somosierra, desviándose posteriormente hacia el noroeste. Recientemente —y a propuesta de la Cámara de Comercio de Segovia—, el MOPTMA incluyó una nueva, que cruzaría el Guadarrama mediante un largo túnel por debajo del Puerto de la Fuenfría; su salida tendría lugar en las inmediaciones del embalse de Revenga, pasando posteriormente por las proximidades de la ciudad de Segovia para dirigirse a Valladolid.

En cuanto al proyecto de desdoblamiento de la carretera N-603 se encuentra en fase muy avanzada, pues ya está realizada la Declaración de Impacto Ambiental. El punto más conflictivo es la variante de Revenga, cuyo trazado se aparta de la carretera existente en la actualidad y discurre por un espacio comprendido entre el 'Parque de Riofrío' y el 'Soto de Revenga', muy próximo también al espacio elegido para la ubicación del campo de golf antes citado.

El problema en este caso no será sólo la influencia de la propia autovía, sino las transformaciones urbanísticas que llevará asociadas, como: urbanizaciones, estaciones de servicio, o las grandes superficies comerciales. En definitiva y con gran probabilidad, este corredor de transporte se constituirá en un eje de colonización urbana.

Igualmente paradigmático resulta el ejemplo de la carretera N-110, en "permanente estado de obras", y cuyos restos del antiguo trazado quedan en el paisaje como auténticas "cortas de meandro".

El incremento en la presión urbanística, también tiene su reflejo en la necesidad de obras hidráulicas. La reserva de agua que constituye la Sierra de Guadarrama es bien conocida en la vertiente madrileña; hasta el punto de ser una de las principales funciones que se le ha asignado a este territorio. Datos que dan que pensar, lo constituyen hechos como que el río Lozoya tenga más de un 60 % de su longitud ocupada por embalses (Heras, 1995).

Con anterioridad a las transformaciones territoriales más recientes a que nos hemos referido, las funciones de abastecimiento de agua potable a las poblaciones del piedemonte norte habían precisado hasta ahora de tres embalses: Puente Alta en el río Frío, Las Tabladillas en la cabecera del río Moros, y el embalse de río Peces. Sin embargo, el crecimiento de la ciudad de Segovia y de la segunda residencia en núcleos como Torrecaballeros o Riaza, han hecho necesaria la creación de otros tres: Pontón Alto en el Eresma —que viene a sustituir al proyectado en el pinar de Valsaín a mediados de la década de 1970—; Torrecaballeros en la cabecera del río Pirón; y Riaza en la cabecera del río Riaza. Es necesario señalar además la existencia de otro pequeño embalse en el río Moros, construido con una finalidad de ocio para la urbanización de Los Ángeles de San Rafael.

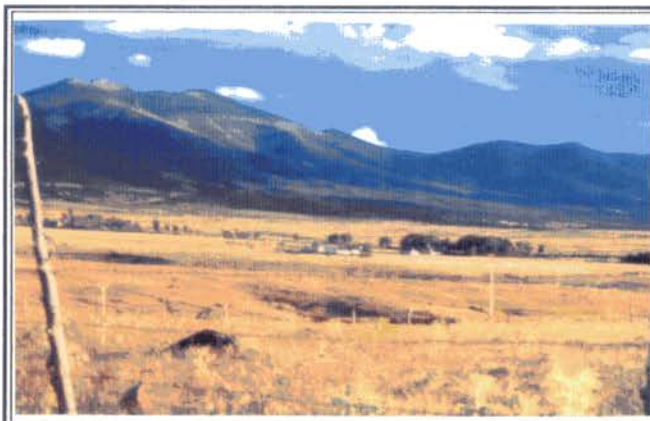


Foto 6.1. Alto grado de deforestación debido a prácticas silvopastoriles históricas. Piedemonte septentrional de la Sierra de Guadarrama.



Foto 6.2. Transformaciones debidas a minería tradicional (El Terminillo, La Lastrilla).

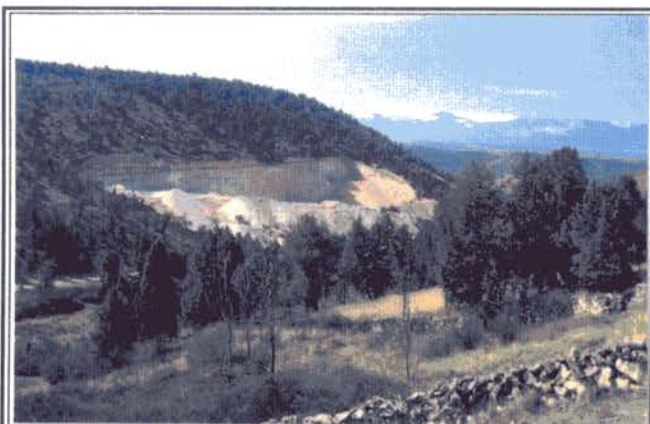


Foto 6.3. Transformaciones debidas a minería moderna (Orejana).

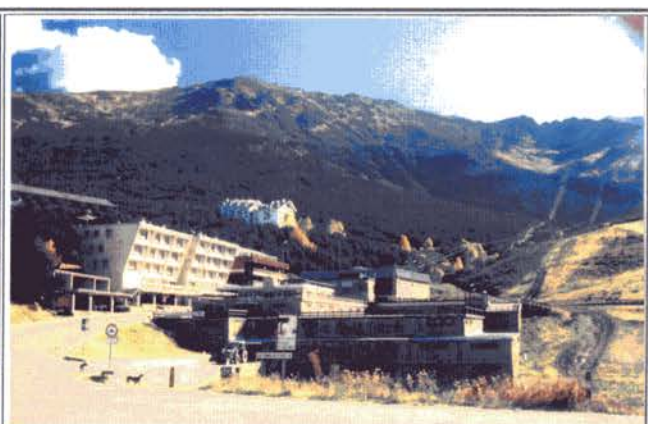


Foto 6.4. Transformaciones ocasionadas por estaciones invernales. La Pinilla (Cerezo de Abajo).

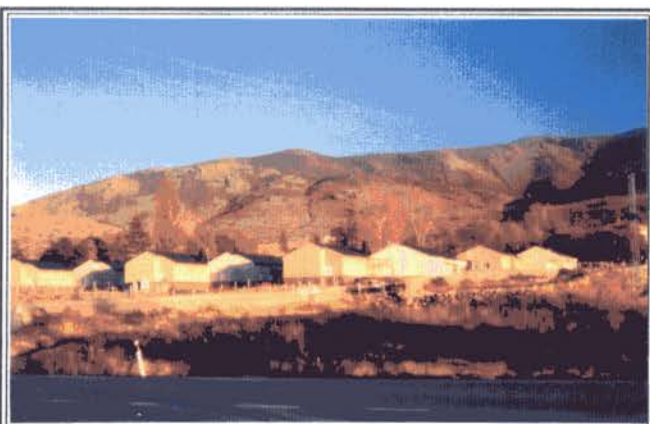


Foto 6.5. Transformaciones debidas a urbanización. La Canaleja (Otero de Herreros).



Foto 6.6. Transformaciones debidas a infraestructuras. Obras de la N-I, a su paso por Cerezo de Abajo.

6.2.3. Ordenación del territorio

Aunque casi siempre a remolque de las transformaciones urbanísticas, en los últimos años se han puesto en marcha varias iniciativas de regulación territorial, bien en el marco general de la Ley del Suelo (LS92), bien a través de normativas específicas sobre protección de espacios naturales.

6.2.3.1. Planeamiento urbanístico

La desordenada situación urbanística del sector estudiado se ha visto favorecida por la inexistencia de unas directrices de ordenación a nivel supramunicipal, ya que a escalas locales los intereses creados dificultan la planificación.

Sin embargo, han sido varios los intentos en este sentido. En el año 1991 la Diputación Provincial de Segovia elabora un borrador de *Normas Subsidiarias de Planeamiento Municipal con Ámbito Provincial de Segovia*, cuyo objeto era ejercer de 'marco director' en aquellos municipios en los que no existía planeamiento. Dicho documento fue desechado, al parecer por su baja calidad técnica. En su lugar es elaborado otro texto (DPS, 1994), esta vez con un enfoque más adecuado, pero cuyo principal problema es que aún se encuentra sin aprobar.

La actuación más reciente, y que al menos en teoría tendrá una influencia decisiva sobre toda la normativa referida en tanto servirá de marco global, es la elaboración de una Hipótesis de Modelo Territorial (Directrices de Ordenación Territorial) para Castilla y León (JCL, 1996). Pero de nuevo su gestación está siendo demasiado lenta.

Es así como, actualmente, el planeamiento urbanístico depende casi exclusivamente de los municipios, sobre los que ejerce su poder regulador la Comisión Provincial de Urbanismo de Segovia. Es necesario destacar algunas decisiones de este organismo en los últimos años, como el rechazo a las ampliaciones de las urbanizaciones 'Pinar Jardín' en Marugán, y 'Los Cortos' en Duruelo, o el recorte a las desmesuradas peticiones de suelo urbano de algunos municipios (Oria *et al.*, 1991). Pero, sin duda, su intervención más plausible por lo que pueda representar de precedente, fue la denegación en el año 1991 de la propuesta de modificación de las Normas Subsidiarias del municipio de Navafra, que incluía la urbanización de 60 hectáreas en la finca 'El Retamar', decisión que fue ratificada por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León.

En base a datos elaborados por Oria *et al.* (1991), y Alonso Teixidor (1994), la situación del planeamiento urbanístico para todo este sector es la siguiente. Cuentan con Planes Generales de Ordenación Urbana únicamente Pedraza (1955), Segovia (1984), y San Ildefonso (1981); en el caso de Pedraza, la aprobación tan temprana se debió a su declaración como conjunto histórico-artístico en 1951. Según Oria *et al.* (1991), en el año 1990, los municipios que contaban con normas subsidiarias de planeamiento en este sector eran: Ayllón (1978), Duruelo (1992), El Espinar (1982), Ituro y Lama (1980), La Losa (1976), Navas de Riofrío (1976), Otero de Herreros (1983), Palazuelos de Eresma (1980), Prádena (1986), Riaza (1976), Vegas de Matute (1981), y

Villacastín (1981). Posteriormente a esa fecha se han aprobado Normas Subsidiarias en Trescasas, Torrecaballeros, Espirido, Collado Hermoso, y Santo Tomé del Puerto. En el resto de los municipios, bien cuentan con Proyecto de Delimitación de Suelo Urbano: Brieva (1992), Matabuena (1992), Basardilla (1991), Sotosalbos (1990), Aldealuenga de Pedraza (1990), La Matilla (1978); bien con Planes Parciales: Casla (1971) o Cerezo de Abajo (1986); o simplemente no tienen normativa alguna.

Sin embargo, es preciso poner en duda si el planeamiento urbanístico ejercido sin unas directrices a nivel comarcal o regional, tal y como se efectúa en la actualidad, lleva aparejado una ordenación o más bien una legalización de situaciones anómalas. Así, existen casos de núcleos que con una simple delimitación de suelo urbano (D.S.U.) han mantenido su carácter tradicional, y sólo con la aprobación de normas subsidiarias han comenzado a generar una expansión poco ordenada. Ello se debe a la permisividad de los propios municipios, que utilizan la normativa como un instrumento para satisfacer todo tipo de demandas.

En este sentido, es necesario destacar la nula consideración del medio natural en la elaboración de las distintas figuras de planeamiento urbanístico a nivel municipal. Según hemos podido constatar, con demasiada frecuencia se equivocan datos en las descripciones del medio físico al ser 'copiadas' de unos municipios a otros; caso, por ejemplo de las Normas Subsidiarias de Navas de San Antonio y Espirido. Todo ello lleva, por ejemplo, a clasificar como suelos urbanizables lugares cuyas condiciones constructivas son deficientes. Se aparta de esta generalidad San Ildefonso, que en 1981 elaboró un Plan General que en su día —y aún hoy— puede considerarse uno de los escasos trabajos de planificación ecológica aplicado a un municipio; en 1982, a partir del Plan General, se redactó un Plan Especial de Protección del Medio Físico, que sin embargo no llegó a aprobarse. También Segovia cuenta con un Plan General 'restrictivo', aunque en este caso con una problemática más ligada al Patrimonio Histórico; y con uno de los escasos trabajos desarrollados en toda la provincia de Segovia que asume los postulados de la planificación integrada (Yoldi, 1990).

6.2.3.2. Espacios protegidos

Si por 'conservación' entendemos las disposiciones reguladoras o de ordenación para el uso de un determinado espacio natural, podemos considerar la incorporación a la Corona en 1761 de los Montes y Matas de Pinares y Robledales de Balsafn, Pirón y Riofrío como la primera medida 'oficial' de conservación en la vertiente septentrional del Guadarrama; todo ello, aunque fuera dictada con el fin de lograr el mantenimiento de las producciones de madera y leña para las reales fábricas (Allué *et al.*, 1995).

Sin duda, este hecho y las subsiguientes ordenanzas reguladoras promulgadas para el mismo, han posibilitado que se preservara hasta hoy una de las masas forestales más significativas de todo el país, como es pinar de Valsafn. La actitud conservacionista que siempre existió hacia este espacio queda refleja en la posición de destacados ingenieros de la realeza, como Joaquín Marfa de

Casterllarnau (Casado, 1995), o la iniciativa que muchos años después, en septiembre de 1976, protagonizaron un numeroso grupo de científicos españoles en defensa del paraje de El Vado de la Reina o Boca del Asno, ante el proyecto de construcción en dicho lugar de una presa para abastecimiento de agua a Segovia.

Pero hemos de centrar los antecedentes directos para la conservación de estos espacios en el año 1923, cuando se solicitó la declaración de la Sierra de Guadarrama como Parque Nacional (ver Gómez-Limón *et al.*, 1994).

Dicha solicitud venía a culminar una larga tradición de movimientos en defensa este espacio, atribuible a un destacado grupo de intelectuales (naturalistas, literatos, etc.) conocidos bajo diferentes agrupaciones y denominaciones (regeneracionistas, guarramistas). La figura más destacada de estos movimientos en torno al Guadarrama fue Francisco Giner de los Ríos, por cuya iniciativa se constituyó en 1886 la *Sociedad de Amigos del Guadarrama*. Es procedente señalar también la presencia de E. Hernández-Pacheco al frente de estas iniciativas conservacionistas, miembro de la Junta Central de Parques Nacionales.

Pero sería en 1930 cuando tiene lugar la primera declaración oficial de espacios protegidos en vertiente septentrional del Guadarrama —y en la Sierra en general—. Se trata del reconocimiento como Sitio Natural de Interés Nacional de ‘El Pinar de la Acebeda’, junto con tres espacios más en la vertiente meridional.

Las iniciativas sobre Conservación en las Sierras de Guadarrama y Somosierra-Ayllón permanecerán en el olvido hasta la década de 1970, y cuando se retoman —quizás en relación directa con su nivel de degradación y constante amenaza—, siempre harán referencia en mayor medida a la vertiente meridional.

Así, desde la declaración de sitio natural de interés nacional de ‘El Pinar de la Acebeda’ en 1930 hasta la fecha, en la vertiente septentrional únicamente se procede a la protección de determinados hábitats: la declaración mediante el Real Decreto 2866/74, de un nuevo Sitio Natural de Interés Nacional (el Hayedo de Riofrío de Riaza), y dos Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), El Pinar de Valsaín y El Espinar, a través de las directivas 79/409 CEE y 91/ 244 CEE.

Con excepción de estos casos, el resto de las propuestas corresponden únicamente al campo de las iniciativas, pues ninguna de ellas ha llegado a cristalizar. Éstas se desarrollan sobre todo en la década de 1990 a cargo del gobierno autonómico. El punto de partida es un ambicioso plan de protección que se inicia con la selección de 49 espacios de alto valor natural, al objeto de formar una *Red de Espacios Naturales de Castilla y León* (REN) incluida como anexo en el Anteproyecto de la Ley Autonómica de Espacios Naturales.

Pero cuando se aprueba la Ley 8/91 de 10 de mayo de Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León, en la que se define la REN, así como las categorías de los espacios naturales protegidos y las características necesarias para su declaración, no aparecen ni el paisaje protegido de la Sierra de Guadarrama ni el parque natural Valle del Río Riaza.

Paradójicamente, con posterioridad a la aprobación de esa ley la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Castilla y León encargó sendos estudios para las declaraciones como espacios naturales protegidos de la Sierra de Guadarrama (ENTORNO, 1991) y el Valle del río Riaza (ECOPLAN, 1991). Dichos estudios tenían como objetivo señalar las razones para la futura inclusión de ambos espacios en la REN.

Otro documento de interés correspondiente a este periodo es el *Catálogo y Directrices de Ordenación Territorial para el Fomento y Protección de Áreas Especiales de Castilla y León*, elaborado por ESCAN (1991) para la Dirección General de Urbanismo y Calidad Ambiental (en Alonso Teixidor, 1994). Su objetivo era llevar a cabo un inventario de aquellos espacios que necesitaban protección o fomento de sus recursos, y entre ellos se incluía el conjunto de las sierras de Guadarrama y Somosierra pertenecientes a la Comunidad Autónoma de Castilla y León, sectores a los que se consideraba sometidos a una alta presión turística y urbanística.

La última iniciativa de ordenación para esta zona surge en 1994 con la elaboración de un *Plan Especial de la Sierra de Guadarrama* (Alonso Teixidor, *op. cit.*); dicho plan intentaba paliar la no calificación de 'paisaje protegido' ya referida; pero, de nuevo, quedó paralizado.

En definitiva: en una primera aproximación, el conjunto de la vertiente septentrional de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón, conserva aún un "cierto grado de naturalidad"; sin embargo, un examen de detalle muestra las importantes transformaciones a que ha estado sometido este espacio históricamente, cuyos efectos permanecen en el paisaje. A su vez, sobre ese mismo territorio se ciernen en la actualidad toda una serie de expectativas de transformación, derivadas de la sustitución de actividades en el medio rural por otras ligadas a la urbanización, infraestructuras y minería moderna (cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Resumen general sobre actividades antrópicas y efectos sobre el medio físico para el ámbito de estudio.

ACTIVIDAD HUMANA	EFFECTOS O CONSECUENCIAS SOBRE EL MEDIO CON SIGNIFICADO DE PERMANENCIA EN EL TIEMPO
agrosilvopastoril tradicional	modificación de la cubierta vegetal (deforestación) y de las propiedades edáficas (compactación, empobrecimiento horizontes orgánicos, alteración de ciclos biogeoquímicos); lavado e hidromorfismo en prados de siega y huertas
minería tradicional	modificación del relieve original y del paisaje; eliminación del suelo y la vegetación; alteración de las pautas escorrentía/producción de sedimentos; inducción de acaravamientos y fenómenos gravitacionales; creación de nuevos hábitats para la fauna silvestre
núcleos de población tradicionales	configuración de la estructura territorial; transformación del paisaje
primeras infraestructuras viarias	efectos menores, por aprovechamiento de pasos históricos condicionados y adaptados al relieve
primeras obras hidráulicas	modificaciones de balances y regímenes hídricos intercuenas; creación de nuevos cursos permanentes de agua (caceras, regatos)
abandono agricultura de secano	regeneración de la cubierta vegetal; localmente aumento de la erosión (disgregación estructural del suelo, arrastres) o estancamiento de la sucesión vegetal; derrumbamiento de bancales
agricultura moderna (roturación)	deforestación, alteración del relieve; modificaciones importantes de propiedades edáficas y regímenes hídricos (distorsión de la relación escorrentía/producción de sedimentos)
construcciones agropecuarias modernas	efectos sobre el paisaje; disminución de las capacidades de recreo y ocio
repoblaciones forestales	según la modalidad: efectos positivos o negativos sobre el suelo, el régimen hídrico y el paisaje
minería moderna	modificación importante del relieve y del paisaje; eliminación del suelo y la vegetación; alteración pautas hidrológicas; inducción de desprendimientos y deslizamientos rocosos; alteración de usos productivos y recursos culturales
urbanización moderna	modificaciones paisajísticas relevantes; ocupación de suelos productivos y sistemas de alto valor natural; alteración de la estructura territorial
carreteras y ferrocarriles	modificación del relieve, los suelos, la vegetación y el paisaje; desviación de caudales y encharcamientos por efecto barrera-presa; disminución de recarga de acuíferos; alteración bienes culturales
obras hidráulicas (presas)	variaciones en el sistema fluvial (caudal, cantidad y tipo de carga); alteración sistema hidrogeológico; inducción de procesos gravitacionales; ocupación de suelos fértiles; modificación del paisaje



Siguiendo el método propuesto en el capítulo 5, iniciaremos aquí la clasificación territorial en sus diferentes categorías taxonómicas: regiones físico-geológicas, regiones geomorfológicas, dominios del relieve y elementos del relieve. Para cada categoría, se consideran: el ámbito territorial y cartografía, su descripción geomorfológica, la caracterización fisiográfica, una aproximación a su valoración, y una discusión en torno a los resultados.

7.1. REGIONES FÍSICO-GEOLÓGICAS: BASES PARA ESTABLECER REGIONES NATURALES

Se trata de las unidades de mayor rango, útiles para definir porciones territoriales amplias como base para su correlación con niveles de planificación globales.

7.1.1. Clasificación-descripción

A partir de otra documentación complementaria y manejando el mapa geológico de la Península Ibérica (ITGE, 1994), se procede a cartografiar aquellas unidades que cumplen los requisitos ya expuestos para una región físico-geológica (ver figura 5.4). Así resultan las que aparecen en la figura 7.1. y que pasamos a describir.

- *Macizos antiguos (hercínicos) (Gh)*

Corresponde al núcleo primordial de la arquitectura peninsular, que se ha denominado Macizo Hespérico o Ibérico, y al cual fueron adosándose las restantes regiones a lo largo de los tiempos geológicos.

Desde un punto de vista genético puede describirse como: conjunto de materiales básicamente paleozoicos, aunque engloban a otros procedentes de etapas evolutivas previas (proterozoicos), que formaron parte de la "gran cordillera hercínica europea"; tras ser desmantelada ésta, hoy aparecen formando grandes planicies (por ejemplo, penillanura extremeña o zamorana), sistemas montañosos de reactivación (por ejemplo, Sistema Central o Montes de Toledo), o englobados por las regiones alpinas (por ejemplo, eje axial del Pirineo).

Desde el punto de vista geotectónico, es un territorio 'zonado' según sus rasgos petroestructurales (metamorfismo, granitizaciones, plegamiento, fracturación) originados durante las etapas hercínicas y previas. Fisiográficamente son terrenos que destacan en el paisaje de la Meseta, tanto por sus características de zócalo rígido como por sus morfologías de grandes planicies, constituyendo las Hespérides de los geógrafos clásicos (Hernández-Pacheco, 1934a).

Por lo que respecta a nuestros fines, la regionalización del territorio para correlaciones globales, interesa destacar su carácter de macizo antiguo: es decir, un conjunto de rocas graníticas y metamórficas de todo grado de transformación, fuertemente plegadas y fracturadas en las antiguas orogenias. Aunque actualmente formen un zócalo rígido, las líneas maestras introducidas en aquellas épocas condicionan hoy la morfología actual al ser erosionado diferencialmente o reactivado por la tectónica alpina.

- Cordilleras de plegamiento (alpinas) (Ga)

Corresponden a los conjuntos rocosos que fueron adosándose directamente al núcleo de las Hespérides, depositados en grandes cuencas sedimentarias continentales o marinas a lo largo de la evolución alpina.

Desde un punto de vista genético son 'relieves de plegamiento', es decir: conjunto de materiales básicamente mesozoicos, aunque pueden englobar otros previos (paleozoicos y proterozoicos) y asimilar algunos posteriores (paleógenos), de origen sedimentario detrítico, químico (carbonáticos), o mixto, altamente compactados, a veces litificados e incluso metamorfizados.

Desde el punto de vista geotectónico son cadenas de montañas asociadas a las placas tectónicas actuales, y presentan una estructura compleja y zonada por pliegues, cabalgamientos, mantos de corrimiento, y fallas. Fisiográficamente forman las cordilleras que orlan la Península y, junto a los macizos antiguos de reactivación, compartimentan ésta y dan complejidad al relieve.

Dada la posición marginal de la zona que nos ocupa respecto a las cuencas mesozoicas, esta región físico-geológica está representada aquí por unas coberteras débiles que bordean el macizo antiguo y su tránsito hacia una cordillera intermedia como es la Ibérica; los materiales más abundantes son de edad Cretácico Superior, y de naturaleza carbonática y detrítica (dolomías, calizas y arenas).

Para la clasificación a este nivel, y en la zona que nos ocupa, interesa destacar de esta región físico-geológica su carácter de relieves de cobertera plegados, es decir: materiales sedimentarios de origen continental y marino que fosilizan a los del macizo (zócalo) y han sufrido diversas etapas de deformación como reflejo de la dinámica tectónica que afectó al zócalo durante el ciclo alpino.

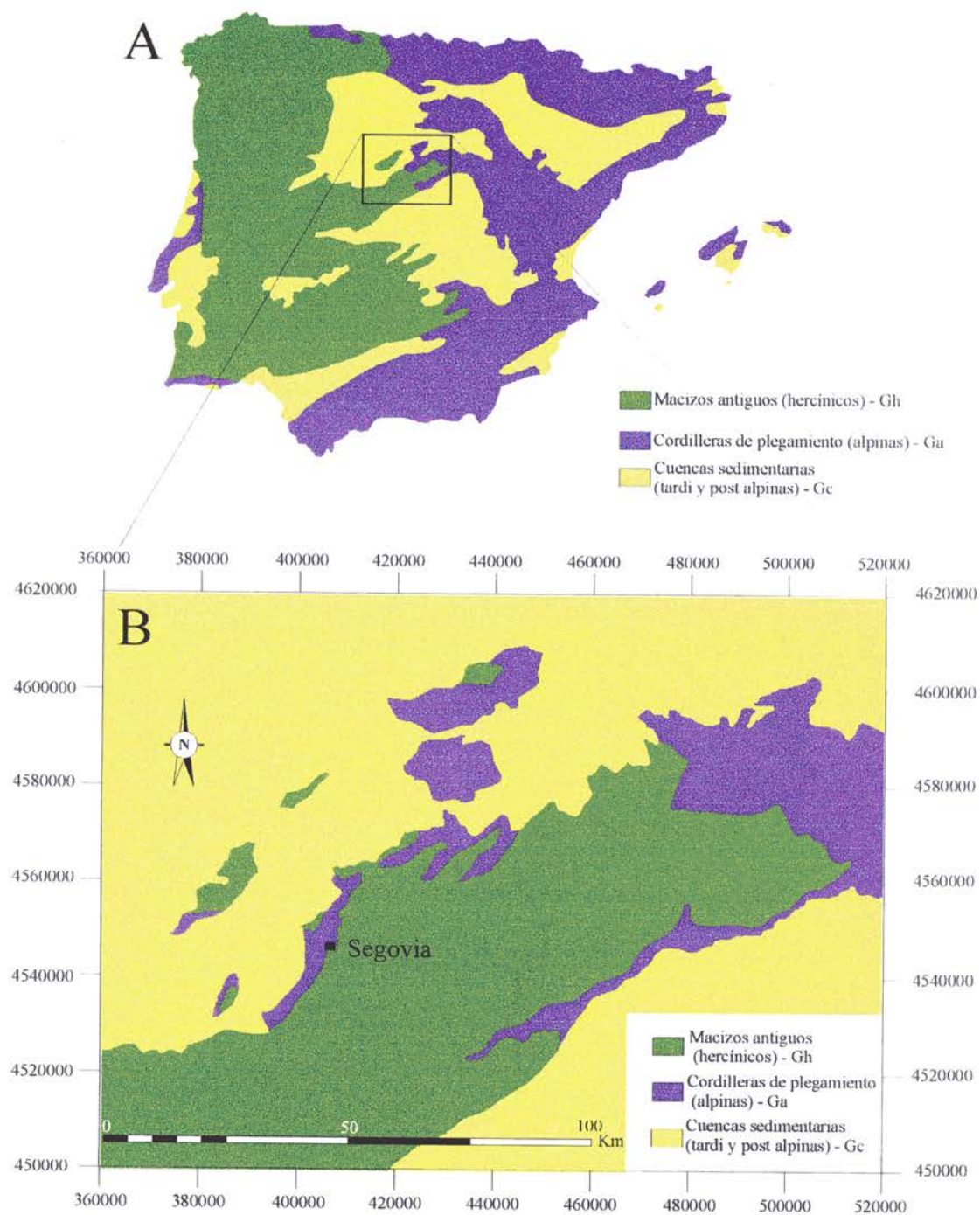


Figura 7.1. Cartografía de regiones físico-geológicas. A) en la Península Ibérica; B) en el entorno del Sistema Central Oriental. Síntesis realizada a partir de ITGE (1994).

- *Cuencas sedimentarias (tardi y postalpinas) (Gc)*

Corresponde a las grandes depresiones que quedan englobadas en el conjunto de los relieves peninsulares. Desde un punto de vista genético son cubetas o cuencas sedimentarias; es decir: un conjunto de materiales producto de 'acarreos' desde los relieves que estaban generándose o habían consolidado con la orogenia alpina, y depositados en depresiones interiores o adosadas a esos relieves. Una vez colmatadas dichas cuencas, se instaló sobre ellas la red fluvial actual, drenándolas y compartimentando relieves mediante valles.

Fisiográficamente corresponden a las "grandes llanuras peninsulares", genéricamente denominadas 'valles' por los ríos que las drenan (Ebro, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir), si bien están organizadas en altiplanicies y artesas.

La zona que nos ocupa forma parte de la Cuenca del Duero. Dicha cuenca constituye el núcleo fundamental de la Submeseta Norte, y en su borde meridional presenta ciertos rasgos de singularidad; así, su enlace con el macizo lo hace a través de una subcuenca de cierta magnitud (Valverde-Ayllón), limitada por un conjunto de alineaciones paleozoicas, o macizos satélite: Santa María de Nieva-Carbonero-Zarzuela del Pinar-Serrezuela de Pradales.

En suma, y como ocurría con las dos regiones previas, para los objetivos aquí planteados interesa destacar en esta zona su carácter de depresión sedimentaria de relleno, asociada a los sistemas montañosos recientes; es decir: materiales fundamentalmente detríticos en los bordes de la cuenca y químicos en el centro, escasamente deformados por la tectónica o a lo sumo con pliegues de amplio radio, que formaron llanuras de colmatación o sediplanos y actualmente están modificados por la erosión posterior.

7.1.2. Discusión

A este nivel no se ha llevado a cabo la definición de regiones naturales, en tanto no existe un acuerdo al respecto y no está estandarizado el procedimiento. Pero es obvio que la planificación territorial necesita integrar las características físico-geológicas y bioclimáticas de la superficie terrestre, para llegar a esas unidades. No es posible considerar la región natural como algo eminentemente geológico, pero tampoco bioclimático como se viene haciendo. El factor de referencia dentro de las zonas climáticas debería de ser el geológico y, viceversa, dentro de las grandes unidades morfoestructurales el clima.

Una región físico-geológica refleja los rasgos primarios de la gea en el territorio problema y permite su 'correlación' con el resto. Por ejemplo, el paralelismo entre las grandes llanuras peninsulares o entre los macizos antiguos, es evidente tanto en su sustrato litológico y formaciones superficiales como en los condicionantes orográficos y fisiográficos. La mayor 'desviación' aparece en las regiones alpinas (por ejemplo, las aquí presentes tienen cierta peculiaridad al estar situadas en una zona de borde), sin embargo sus límites son precisos y

el sustrato litológico y las formaciones superficiales desarrolladas a expensas del mismo, actúan como condicionantes de estos terrenos. Las diferencias morfoestructurales que permiten establecer subdivisiones dentro de esos conjuntos, se sitúan a un nivel inferior; de hecho, la orla mesozoica del Sistema Central ha actuado como una penetración de la Cordillera Ibérica en el dominio del macizo antiguo.

A nivel global, todas ellas son regiones que carecen de significado bioclimático preciso; así, el Sistema Central, por ejemplo, queda más ‘emparentado’ con regiones como el Macizo Galaico o Sierra Morena que con otras regiones biogeográficamente próximas. En todo caso, la biogeografía introduce ciertas diferencias entre estas regiones físico-geológicas, lo cual también repercute en los suelos; pero el razonamiento contrario también es válido: muchas asociaciones de suelos son constantes a lo largo de una región físico-geológica, al estar controladas por el sustrato.

7.1.2.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial

Si pretendemos disponer de asociaciones territoriales que estén dotadas de cierta homogeneidad para cumplir una función de ‘correlación’, hemos de basarnos en criterios generales y no parciales. De utilizar sólo rasgos bioclimáticos (grandes regiones o biomas del Planeta), introducimos una generalización excesiva que elimina datos tan importantes como la naturaleza del sustrato y las formaciones superficiales que, en gran medida, son responsables de la formación del suelo; otros condicionantes territoriales que quedarían excluidos son las aguas continentales superficiales y subterráneas.

Las regiones físico-geológicas son unidades que tienen una mayor permanencia que las definidas mediante elementos bióticos; a su vez, también soportan las repercusiones de los denominados ‘problemas globales’: erosión-desertización, cambio climático, etc.

En definitiva, habrá de recurrirse a nuevos planteamientos que concreten las regiones naturales del Planeta, pero desde una óptica verdaderamente ecológica, es decir: mediante la integración de la información biogeográfica con las grandes regiones morfoestructurales de la Tierra.

7.2. REGIONES GEOMORFOLÓGICAS: BASES PARA ESTABLECER REGIONES FISIAGRÁFICAS

A este nivel, el tratamiento de la información ambiental para planificación integrada se realiza a partir de grandes unidades naturales. A tales escalas, se considera que el relieve actúa como síntesis de las características territoriales.

Esta propiedad se basa en los rasgos diferenciales que introduce la configuración geomorfológica allí donde las condiciones macroclimáticas son uniformes. En una escala ampliamente descrita en la literatura por expertos en planificación, se establece la siguiente secuencia: los procesos y materiales geológicos y el clima, han interactuado a lo largo del tiempo originando unas configuraciones en el relieve (fisiografía); esas configuraciones controlan en buena medida la instalación de la red fluvial y los suelos, y tienen gran influencia en las condiciones climáticas locales; morfología, clima, hidrología y suelos, controlan conjuntamente la distribución natural de los seres vivos, sintetizada por la vegetación; finalmente, todos ellos posibilitan unos usos ‘acordes’ al territorio.

7.2.1. Clasificación-descripción

La compartimentación de las regiones físico-geológicas en términos fisonómicos, posibilita la delimitación y cartografía de las regiones geomorfológicas. Dichas regiones sólo se definen para la zona objeto de estudio, y son las que aparecen en la figura 7.2. que pasaremos a describir.

- Elevaciones orográficas en los macizos antiguos (*Gh-Me*)

Desde un punto de vista genético-evolutivo constituyen los bloques axiales, o dovelas, formados durante la reactivación alpina. Fisiográficamente son las sierras propiamente dichas, definiendo las principales alineaciones orográficas del Sistema Central.

A esta escala las estructuras hercínicas de plegamiento tienen escasa incidencia en el relieve, el cual responde mayoritariamente a la dinámica de fracturación. En la arquitectura del conjunto se pueden distinguir bloques que constituyen las alineaciones principales, y otros que conforman las ‘secundarias’; estas segundas tienen menor entidad orográfica, pero están culminadas por restos de superficies de erosión equivalentes a las primeras.

- Elevaciones orográficas en las cordilleras de plegamiento (*Ga-Me*)

Corresponde a un pequeño sector de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica que enlaza con el Sistema Central. Genéticamente no responde a una cadena montañosa típicamente alpina, sino ‘intermedia’, con una estructura más simple que aquéllas. Fisiográficamente forman unos relieves de transición de culminación plana, que tienen carácter de plataformas, altiplanicies, y similar.

Todas estas características derivan del escaso espesor de la cobertera, por lo cual más que plegamiento lo que ha sufrido son acomodaciones a los bloques del zócalo; de esa forma, las zonas plegadas se sitúan únicamente en los bordes de los mismos mientras el resto presenta una fisonomía prácticamente de llanura elevada sobre determinados valles y depresiones.

- *Planicies en los macizos antiguos (Gh-Ms)*

Se trata de llanuras mixtas, tectoerosivas, desarrolladas sobre materiales del zócalo y originadas a la vez que estaban consolidando los *horsts* de la sierras. Fisiográficamente se localizan al pie de esas elevaciones formando 'pedemontes' (tomado este término en un sentido amplio) y se extienden hacia las cuencas sedimentarias postalpinas; son por tanto plataformas o llanuras sobre las que se elevan los macizos, lo que les otorga el carácter de rampas o peanas.

Esta unidad abarca también los denominados 'macizos satélite' (Santa María, Cabezuela, Lastras de Lama y Honrubia-Pradales). En principio cabría su definición aparte, ya que más que pedemontes son una alineación; sin embargo, también son restos de diferentes superficies del zócalo cuya relación con los materiales de la cuenca les equipara a las planicies más que a las alineaciones.

- *Depresiones en los macizos antiguos (Gh-Md)*

Aparecen integradas en el dominio del macizo principal constituyendo pequeños *grabens*. Desde el punto de vista fisiográfico su configuración converge con las rampas, sin embargo les separa de ellas tanto su carácter confinado como la presencia de recubrimientos recientes propios de los ciclos posteriores. Ello queda manifiesto tanto a nivel climático, hidrológico, de formaciones superficiales, suelos, incluso vegetación y usos, netamente diferentes a los de las rampas.

- *Planicies en las cordilleras de plegamiento (Ga-Ms)*

Se trata de sectores de la región físico-geológica alpina que han tenido una evolución ligada a las del macizo antiguo. Los rasgos más característicos de esa peculiaridad son: su estructura de plegamiento muy tenue —salvo en los bordes de bloques del zócalo que es quien controla la deformación—, y su carácter de verdaderas llanuras de piedemonte. Fisiográficamente corresponden a plataformas que se presentan en continuidad con las rampas del zócalo.

- *Llanuras en las cuencas sedimentarias (Gc-Ms)*

Su génesis puede establecerse en dos etapas muy marcadas: en una primera, a la vez que se estaba elevando el macizo, albergaron los sedimentos procedentes de aquél hasta quedar la cuenca rellena formando una llanura de colmatación (sediaplano); posteriormente, asociadas a las etapas erosivas que también afectaron a los pedemontes del macizo, sufrieron varios arrasamientos que modelaron el relieve haciendo aparecer nuevas llanuras escalonadas. Fisiográficamente corresponden a las grandes llanuras de la Meseta que culminan los interfluvios de la red actual, es decir las divisorias de los valles.

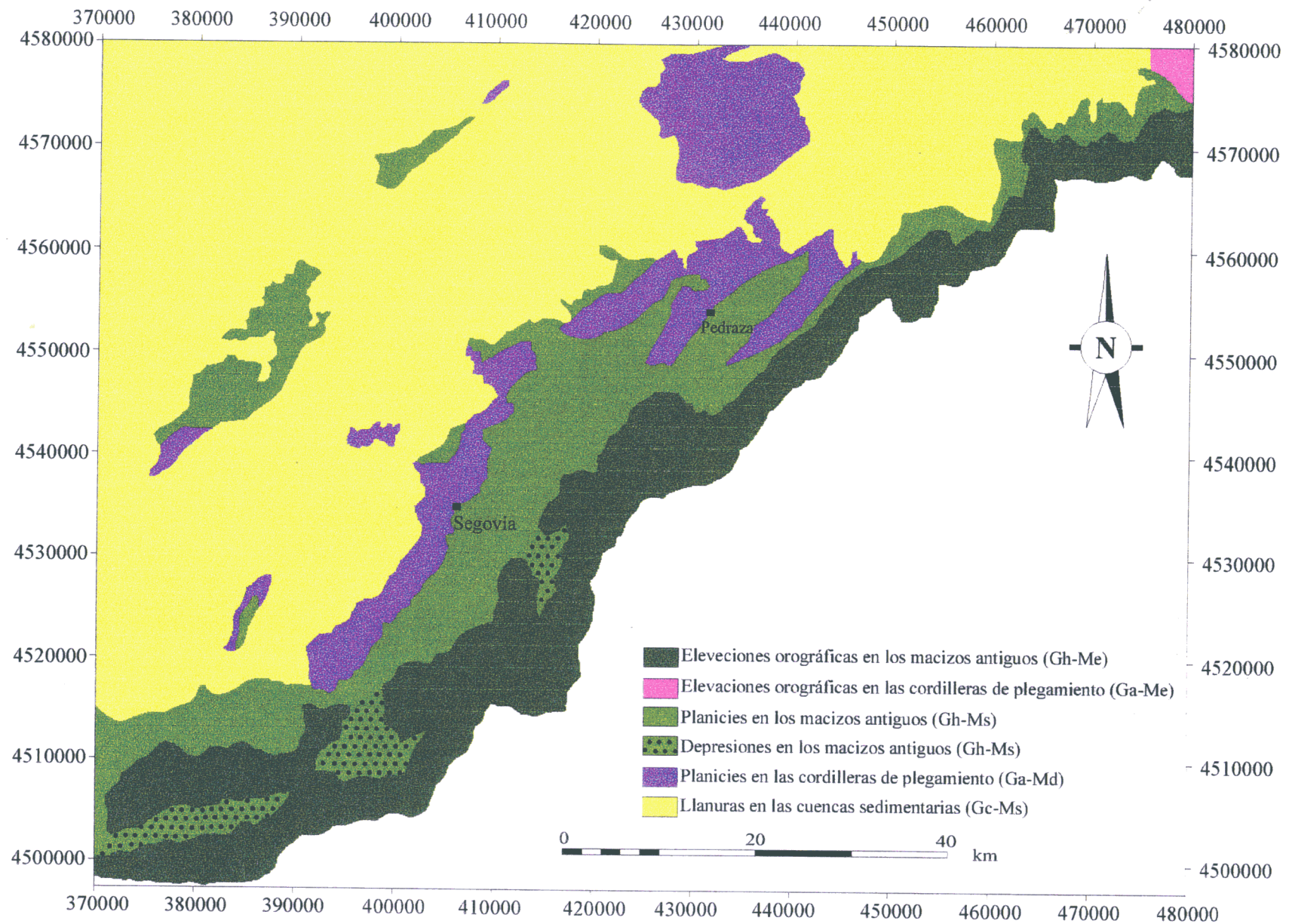


Figura 7.2. Cartografía de regiones geomorfológicas

7.2.2. Transformación de las regiones geomorfológicas en fisiográficas

Tratando de correlacionar estas unidades con las primeras regionalizaciones hechas para la Península Ibérica, observamos cómo se aproximan a la categoría de 'regiones naturales' de esas clasificaciones y serían correlacionables con las denominadas: Carpetana, Castellana e Ibérica, de Dantín Cereceda (1922); Cordillera Central, Altiplanicie del Duero y Serranías Ibéricasorianas, de Hernández-Pacheco (1934a); y Sierras Carpetanas, Altiplanicie del Duero, Alcarrias y Parameras, y Celtibérica, de Hernández-Pacheco (1955-1956). Según Unstead (1926), la vertiente septentrional de Guadarrama, Somosierra y Ayllón, queda en las regiones geográficas de las Sierras Centrales, y de la Meseta Norte del Duero.

Dos hechos fundamentales llaman la atención en esas regionalizaciones. El primero, que estos autores otorgaran el calificativo de 'natural' a unos ámbitos espaciales que, si bien 'dirigidos' en su extensión por parámetros físicos, en realidad no lo eran tanto dado que la impronta histórica es ya evidente a este nivel de abstracción; es el caso, por ejemplo, de la deforestación de las 'llanuras'. Destaca en segundo lugar, la imposibilidad de correlacionar aquéllas unidades con las obtenidas hoy mediante una cartografía más precisa.

En la transformación de las regiones geomorfológicas a unidades integradas no puede eludirse el factor histórico-social, es decir, la acción antrópica desde tiempos ancestrales. Que esto no modifique los límites cartográficos de la región, no implica que no afecten a su contenido y a la interrelación entre los factores que la definen; es más, muchos elementos presentes en dicha región están evolucionando de manera sustancialmente distinta según soporten o no una actividad antrópica. Estos procesos deben quedar reflejados ya a este nivel de correlación, y como ya se justificó en su momento (ver epígrafe 5.4.2), entendemos que no debe de hablarse de regiones 'naturales' sino 'fisiográficas' (foto 7.1).

Éstas, las regiones fisiográficas, pueden definirse a partir de los límites que otorgan las geomorfológicas, actuando entonces como el 'continente' que ha de completarse con los contenidos correspondientes o 'descriptores' de la unidad. Dichos contenidos vienen determinados por la síntesis histórico-evolutiva de los factores que confluyen en el medio según la filosofía descrita al principio de este epígrafe, es decir, asignando a cada porción territorial delimitada por la región geomorfológica los siguientes atributos: sustrato y procesos geológicos, clima, morfología-fisonomía, hidrología, suelos, vegetación y usos antrópicos.

El problema para esta reconversión, es llegar a determinar cuáles son los rasgos relevantes de cada uno de esos factores para obtener una síntesis capaz de caracterizar la región (vegetación, paisaje, etc.). Un intento para resolver este problema, es el que se está llevando en algunos trabajos mediante análisis multivariante (ver por ejemplo, De Pablo y Díaz Pineda, 1985).

A un nivel meramente indicativo, en el cuadro 7.1 se muestra un ejemplo de reconversión y caracterización de las regiones geomorfológicas definidas en sus correspondientes fisiográficas.

Cuadro 7.1. Caracterización de regiones fisiográficas, definidas en base a regiones geomorfológicas.

REGIÓN GEOMORFOLÓGICA	REGIÓN FISIOLÓGICA	MATERIALES - sustrato - formaciones superficiales	CLIMA	MORFOLOGÍA	HIDROLOGÍA - superficial - subterránea	ASOCIACIÓN DE SUELOS	VEGETACIÓN POTENCIAL	TRANSFORMACIÓN ANTRÓPICA (VEGETACIÓN REAL)
Elevaciones orográficas en los macizos antiguos (Gh-Me)	Sierras	- rocas ígneas y metamórficas - aglomerados	mediterráneo continental de media montaña	sistemas de elevaciones en bloques	- autóctonos nivopluviales torrenciales - acuífugo	cambisoles leptosoles	frondosas subhúmedas coníferas matorral y pastizal de alta montaña	deforestación (pastizal-matorral) repoblación (pinar)
Elevaciones orográficas en las cordilleras de plegamiento (Ga-Me)	Páramos	- rocas sedimentarias carbonáticas - <i>terra fusca</i>	mediterráneo continental de baja montaña	altiplanicies	- autóctonos pluvionivales torrenciales - acuífero cársico	leptosoles calcisoles cambisoles	coníferas frondosas	deforestación (pastizal) repoblación (pinar)
Planicies en los macizos antiguos (Gh-Ms)	Rampas	- rocas ígneas y metamórficas - limos orgánicos, aglomerados	mediterráneo continental de meseta	llanuras-planicies	- alóctonos pluviales torrenciales - acuífugo	cambisoles leptosoles	frondosas subhúmedas y xéricas	deforestación (pastizal) adhesado (fresnos y robles)
Depresiones en los macizos antiguos (Gh-Md)	Valles	- rocas ígneas y metamórficas, sedimentarias detríticas - aglomerados, arenas y limos	mediterráneo continental con microclimas húmedos	depresiones de fondo plano	- alóctonos pluviales fluviales - acuífero detrítico	luvisoles fluvisoles cambisoles	frondosas subhúmedas	adhesado (fresnos y robles) horticultura (regadío)
Planicies en las cordilleras de plegamiento (Ga-Ms)	Plataformas (rampas)	- rocas sedimentarias carbonáticas y detríticas - <i>terra rossa</i> , aglomerados	mediterráneo continental de meseta	llanuras-planicies	- alóctonos pluviales-subterráneos fluviales - acuífero cársico	leptosoles calcisoles	coníferas frondosas xéricas	deforestación (pastizal) cultivo marginal (secano)
Llanuras en las cuencas sedimentarias (Gc-Ms)	Mesetas	- rocas sedimentarias detríticas - aglomerados, arenas y limos	mediterráneo continental xérico	llanuras onduladas	- alóctonos pluviales fluviales - acuífero detrítico acuitado	luvisoles fluvisoles	frondosas xéricas	cultivo (secano)

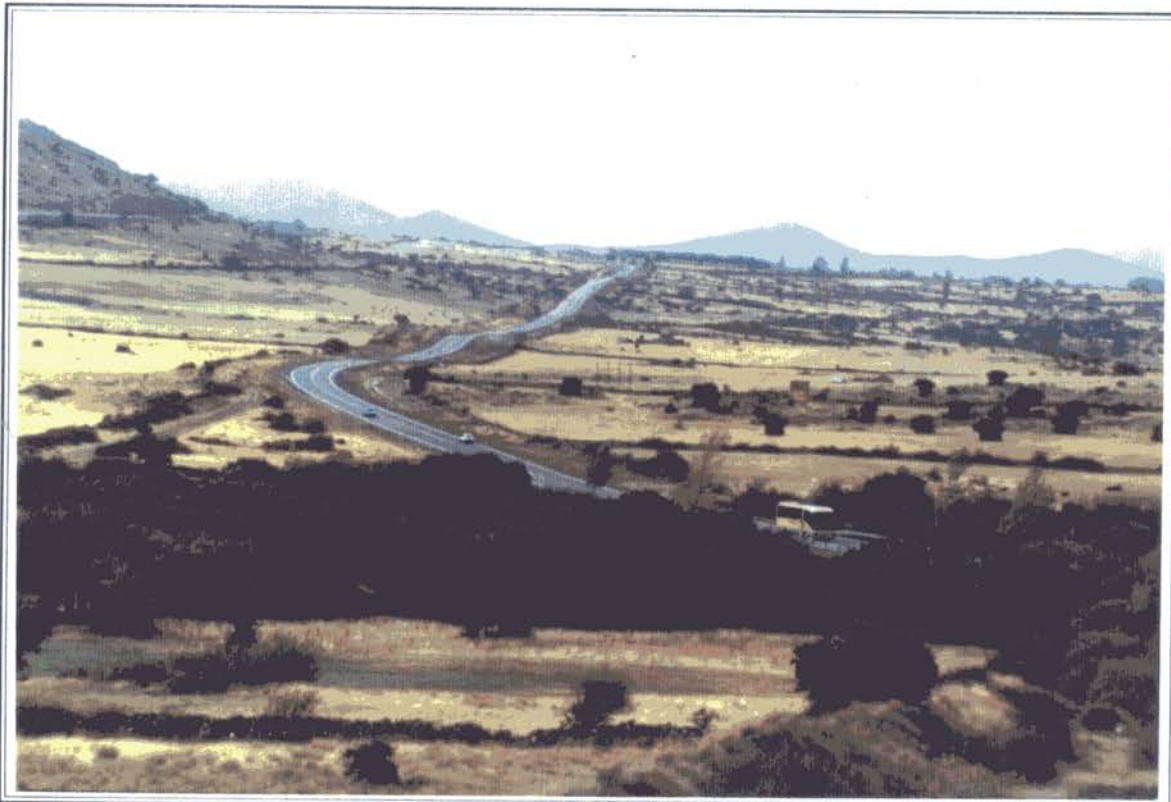


Foto 7.1. A escalas 'medias' o regionales, el relieve otorga los límites más precisos para definir unidades integradas; la conversión de regiones geomorfológicas en fisiográficas depende de la descripción de cada uno de los factores que aparecen en la extensión de las primeras, incluido el antrópico; de este modo, consisten en porciones territoriales con una problemática 'ambiental' similar. Piedemonte sobre el macizo cristalino, al pie de la Sierra de Quintanar: alto grado de deforestación, por uso histórico como pastizal, favorable a su uso urbano y de infraestructuras.

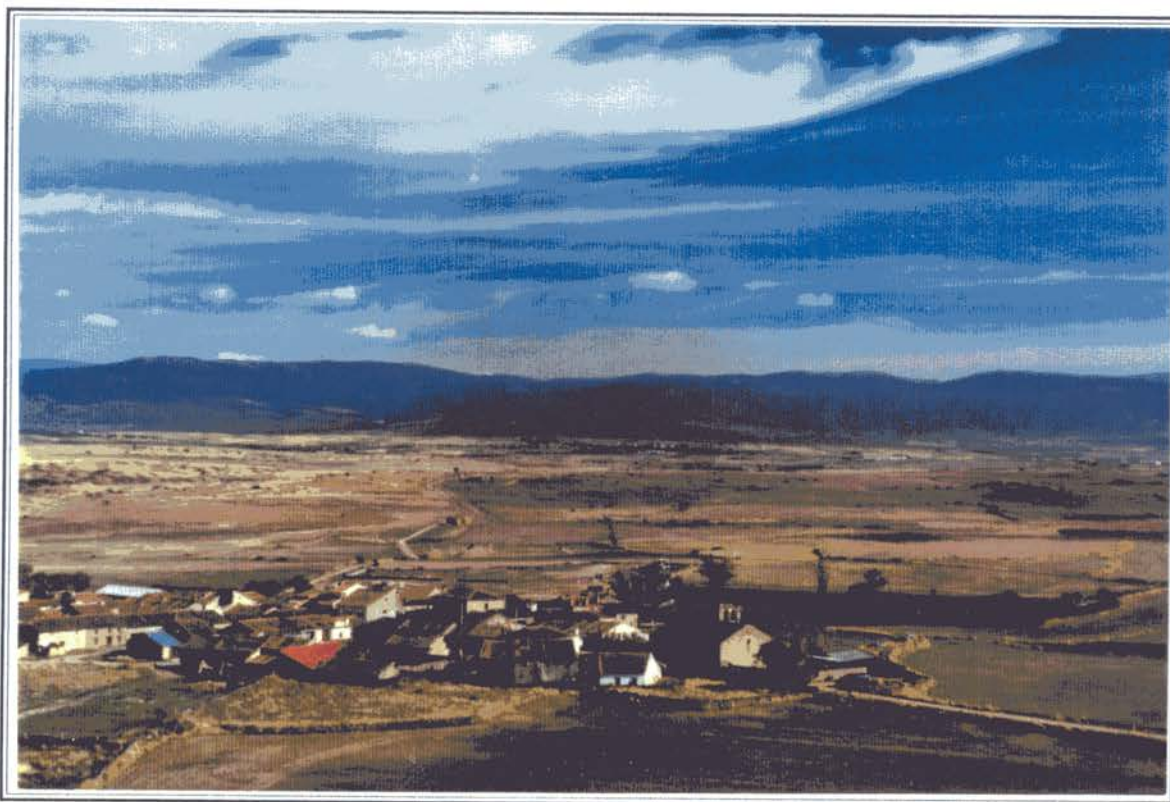


Foto 7.2. La escasa anfractuosidad del relieve en la superficie de erosión sobre el macizo cristalino antiguo, otorga a toda la unidad una muy elevada fragilidad paisajística (La Higuera).

7.2.3. Discusión

Las estructuras del relieve a pequeña escala (regiones geomorfológicas) aproximan en buena medida a la definición de grandes unidades naturales (regiones naturales, ecorregiones), en tanto las variaciones del sustrato y del relieve condicionan y se correlacionan con parámetros climáticos, edáficos, hidrológicos y biogeográficos; en función de todos ellos se ha distribuido tradicionalmente la actividad humana (regiones geográficas, y en algunos casos históricas).

Pero esa dependencia del medio natural ha dejado de existir; situación que ha llevado a la Geografía moderna a definir las regiones en función de otro tipo de factores (urbanos, económicos, etc.).

Los efectos ambientales ocasionados por la no consideración del medio natural fueron los que llevaron a demandar enfoques ecológicos o integrados. Según este planteamiento, se trataría así de recuperar las regiones de Dantín Cereceda (1922) o Hernández Pacheco (1934b), y adecuarlas a los métodos y objetivos actuales de la planificación integrada. Sin embargo esa aplicación directa ofrece dificultades, pues las técnicas y la cartografía han cambiado; la teledetección, por ejemplo, ofrece grandes posibilidades para las clasificaciones fisiográficas a esta escala. En efecto, la combinación de imágenes de satélite, en las que tienen reflejo las condiciones de sustrato, suelo, vegetación y usos, y modelos digitales del terreno (DTM), permite construir vistas en tres dimensiones (3D) donde aparecen relacionados la configuración fisiográfica y los elementos del medio (figuras 7.3 a 7.6).

Figura 7.3. Imagen de satélite Landsat TM, combinación de bandas R,G,B 7,4,1,

Figura 7.4 (vista 1). La delimitación de las regiones geomorfológicas que componen el 'Sistema Central' atiende fundamentalmente a criterios morfográficos y geológicos. Éstos ejercen a su vez una gran influencia en los factores climáticos, hidrológicos y edáficos; dicho conjunto interrelacionado es responsable a su vez de la vegetación y los usos primarios del suelo. Todo ello queda reflejado en la imagen: (S) conjunto de regiones fisiográficas sierras-rampas; (C) conjunto de regiones plataformas-mesetas. La imagen está focalizada hacia la cuenca de recepción del río Pirón y su salida al piedemonte en las inmediaciones de Torrecaballeros-Sotosalbos; las elevaciones culminantes corresponden a la superficie de Los Pelados (izquierda), y Siete Arroyos-Peñalara-La Atalaya a la derecha.*

Figura 7.5 (vista 2). Regiones fisiográficas en el Sistema Central nororiental: 1, mesetas (llanuras en las cuencas sedimentarias); 2, plataformas (planicies en las cordilleras de plegamiento); 3, rampas (planicies en los macizos antiguos); 4, valles (depresiones en los macizos antiguos); 5, sierras (alineaciones orográficas en los macizos antiguos). La vista está focalizada hacia la depresión La Granja-Valsain (4).*

Figura 7.6 (vista 3). Las regiones fisiográficas se definen a partir de los límites que otorgan las geomorfológicas; en la imagen, contacto entre las planicies en los macizos antiguos y las llanuras en las cuencas sedimentarias a favor de un plano de falla (F) exhumado (lineación Vegas de Matute-Ituero); límite entre las planicies en las cordilleras de plegamiento y las llanuras en las cuencas sedimentarias (C; cuevas de Otero de Herreros). Los relieves más elevados constituyen las elevaciones de La Mujer Muerta; y el sector más deprimido en posición centro-derecha el puerto de Guadarrama, con la depresión de El Espinar a su pie.*

* Superposición de imagen Landsat (figura 7.3) y modelo digital del terreno, originando una perspectiva 3D. Información procesada en ERDAS-IMAGINE y cedida por Infocarto S.A.

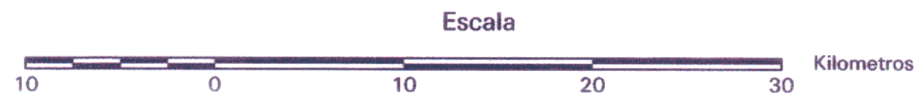
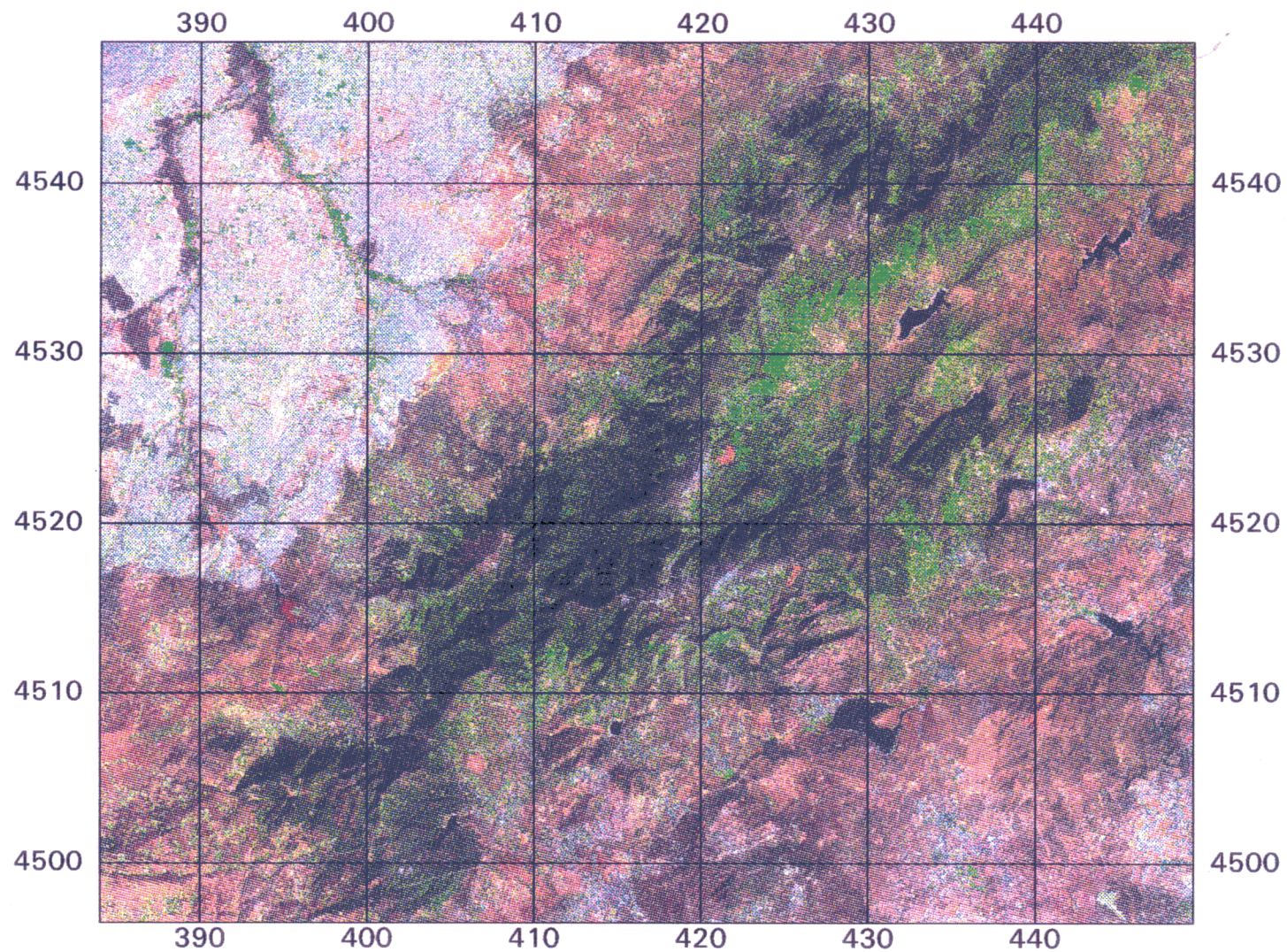
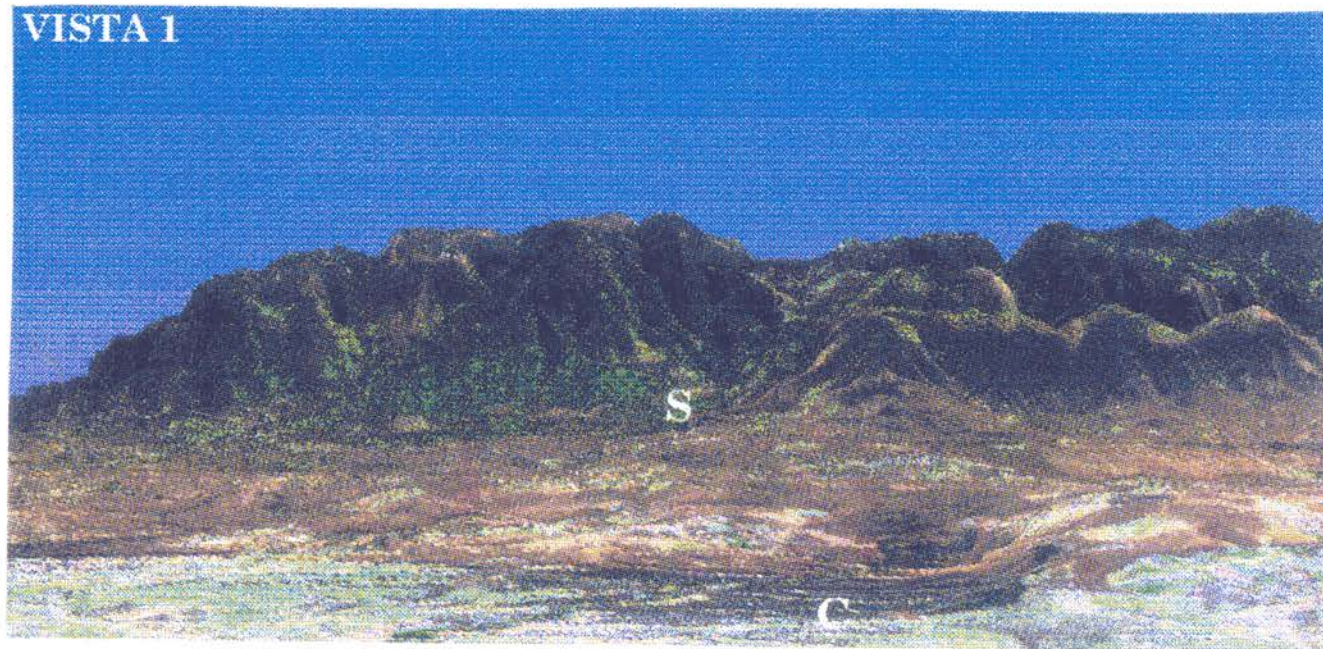
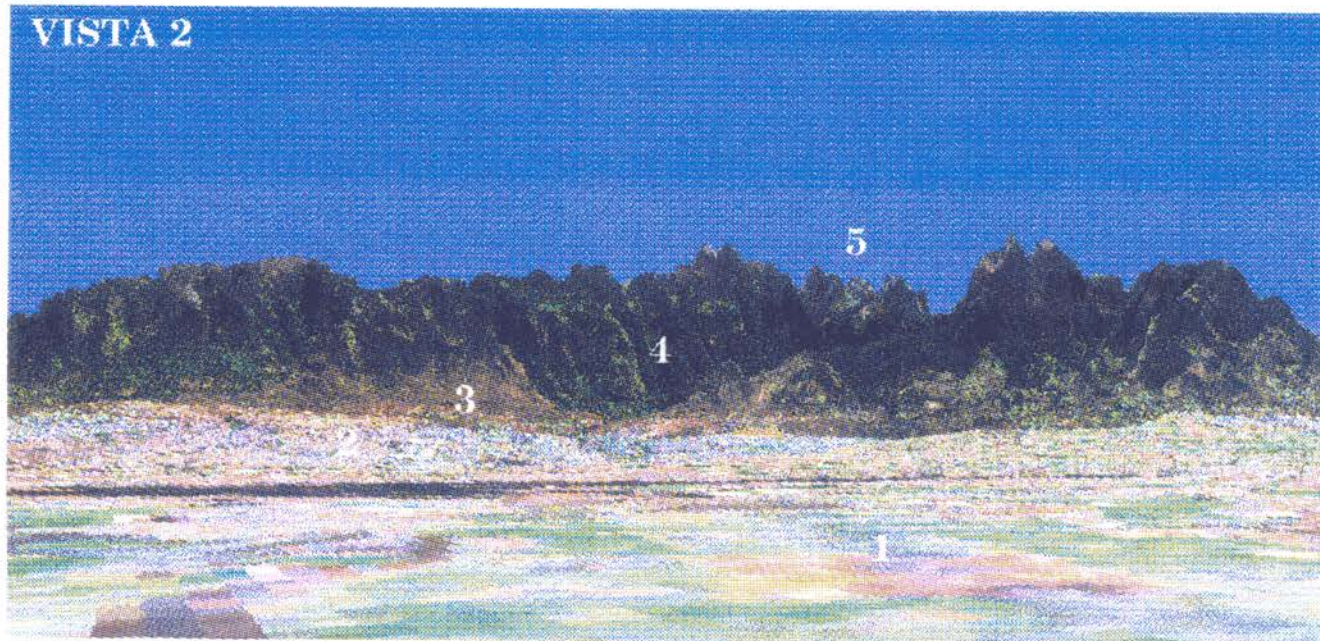


Figura 7.3.

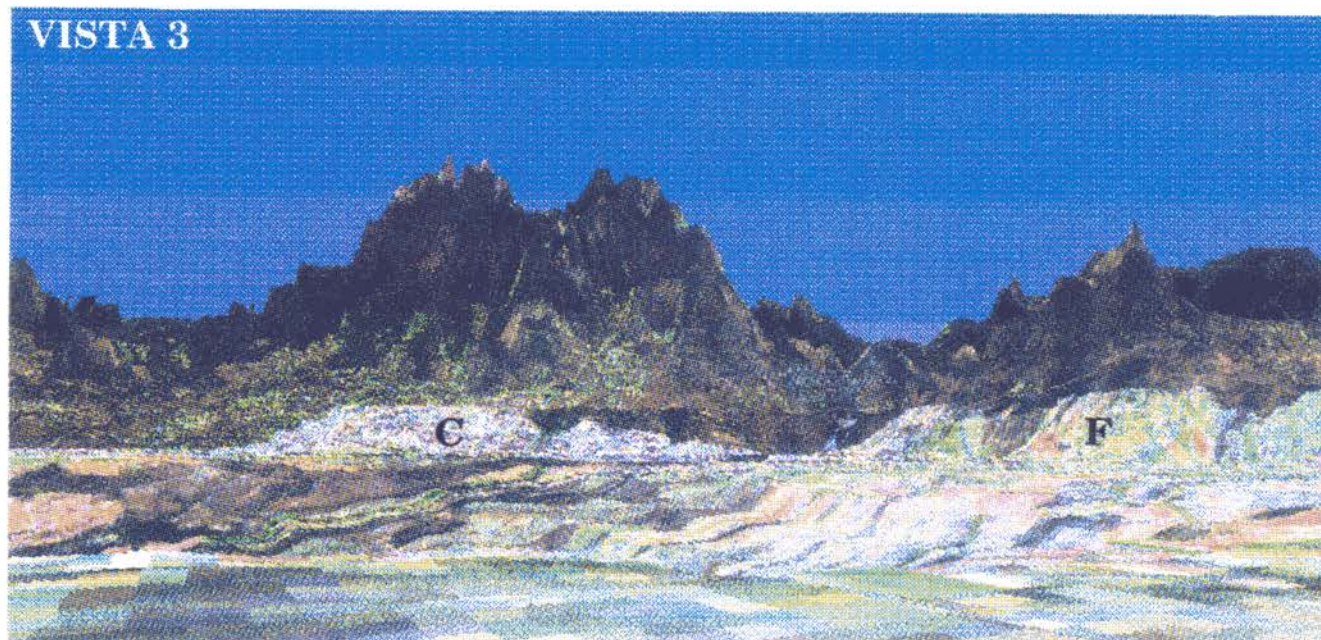
VISTA 1



VISTA 2



VISTA 3



7.2.3.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial

Por su carácter de síntesis del medio físico, las regiones fisiográficas presentan una utilidad adecuada para la planificación integrada de grandes territorios, como regiones, estados, naciones, países, etc., equivalentes en buena medida a las Comunidades Autónomas del Estado Español no uniprovinciales. Las figuras adecuadas a estos objetivos serían Planes Nacionales de Ordenación (PNO), o Planes Directores Territoriales de Coordinación (PDTC) y Directrices de Ordenación Territorial (DOT) a nivel regional.

- Las Directrices de Ordenación Territorial de Castilla y León (DOT)

Actualmente existe una Hipótesis de Modelo Territorial sobre la que se pretenden construir las futuras Directrices de Ordenación Territorial (DOT) de la Comunidad castellano-leonesa. Examinado el documento elaborado (JCL, 1996), podemos observar como otorga una nula consideración al medio físico y a los postulados de la planificación ecológica o integrada. Una muestra de ello es el párrafo que extractamos:

"Con frecuencia se tiende a abordar el Medio Físico como un condicionante, como un conjunto de factores que, por sí mismos, determinan las características espaciales de una sociedad, de modo que es el estudio de las características del medio, en base tan solo a los rasgos y relaciones de sus componentes, el aspecto fundamental de su consideración en el análisis territorial.

La realidad corresponde más bien a un enfoque opuesto. Lejos de comportarse de acuerdo con pautas que llevan implícita una visión determinista del entorno, lo cierto es que el análisis del Medio Físico lo que proporciona es información sobre cuáles son las características de una sociedad en un ámbito determinado. En vez de ser el medio el que condiciona las características territoriales, son las pautas de comportamiento social las que determinan en cada momento y lugar los rasgos físicos del entorno. Es el Medio Físico como un producto social el que es relevante para el análisis territorial y no una mera descripción taxonómica que lo considere algo aparte de las personas.

Pocos espacios muestran esta circunstancia con mayor claridad que Castilla y León. Son las pautas históricas de comportamiento humano las que explican las características en nuestro Medio Físico, y es en estos comportamientos donde residen las claves principales para explicar los actuales rasgos territoriales de la Región y sus posibilidades futuras" (JCL, 1996: 42).

En base a ese razonamiento, el modelo territorial propuesto por la comunidad autónoma castellano-leonesa opta por la comarcalización en 'unidades funcionales', en cuya delimitación intervienen de forma casi exclusiva los criterios económicos (a través de los núcleos urbanos 'dinámicos'). Se elige así el criterio de 'regiones nodales', o 'polarizadas', en las cuales las ciudades juegan un papel fundamental y casi exclusivo en la estructuración del territorio, y se atiende poco a la naturaleza y condicionantes del medio físico (figura 7.7).

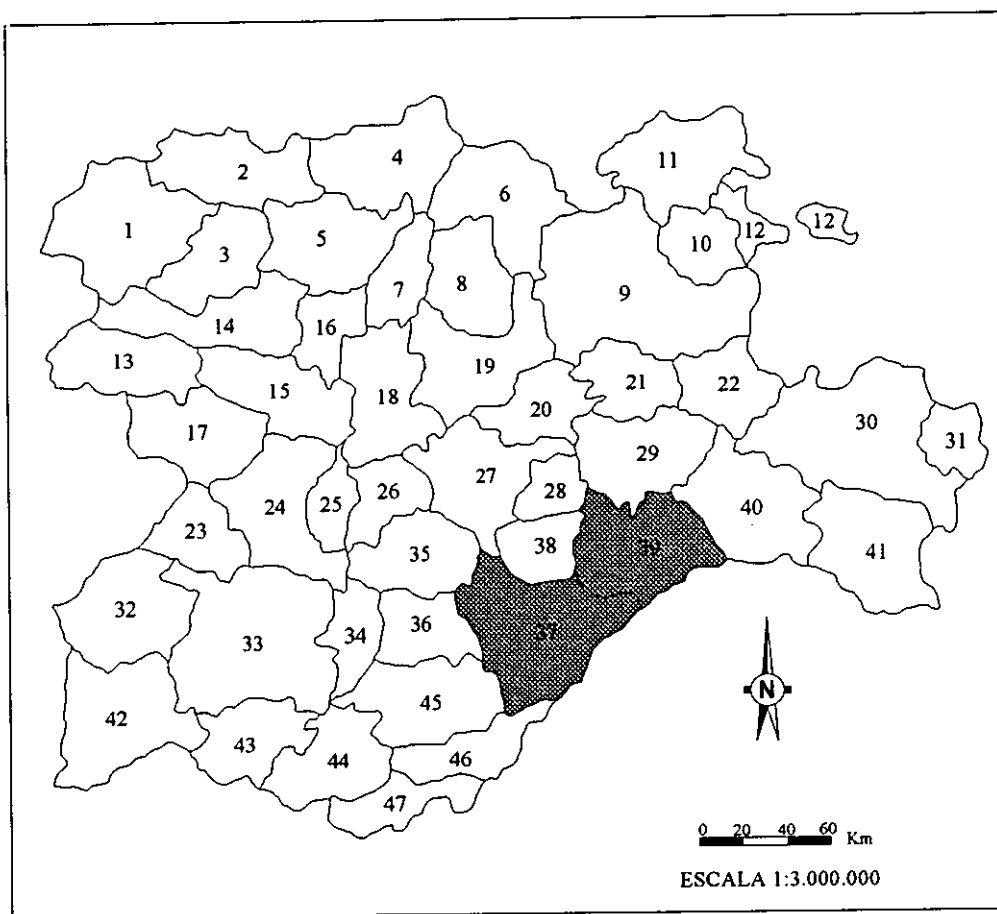


Figura 7.7. Áreas funcionales (equivalentes a comarcas) de Castilla y León propuestas como punto de partida para la elaboración de las Directrices de Ordenación Territorial de esta Comunidad Autónoma. 1, Ponferrada; 2, Villablino; 3, Astorga; 4, Boñar-Cistierna; 5, León; 6, Guardo-Cervera-Aguilar; 7, Sahagún; 8, Saldaña-Carrión; 9, Burgos; 10, Briviesca; 11, Villarcayo-Medina de Pomar; 12, Miranda de Ebro; 13, Puebla de Sanabria; 14, La Bañeza; 15, Benavente; 16, Valencia de Don Juan; 17, Alcañices-Tabara; 18, Medina de Rioseco; 19, Palencia; 20, Venta de Baños; 21, Lerma; 22, Salas de los Infantes; 23, Bermillo de Sayago; 24, Zamora; 25, Toro; 26, Tordesillas; 27, Valladolid; 28, Peñafiel; 29, Aranda de Duero; 30, Soria; 31, Agreda-Olvega; 32, Vitigudino; 33, Salamanca; 34, Peñaranda de Bracamonte; 35, Medina del Campo; 36, Arévalo; 37, Segovia; 38, Cuéllar; 39, Cantalejo-Sepúlveda; 40, San Esteban de Gormaz-Burgo de Osma; 41, Almazán; 42, Ciudad Rodrigo; 43, Béjar-Guijuelo; 44, El Barco de Ávila-Piedrahita; 45, Ávila; 46, Arenas de San Pedro; 47, Burghondo-El Tiemblo-Cebreros. El espacio aquí estudiado queda incluido en las unidades 37 y 39 (en gris).

En definitiva, la planificación territorial, al menos en esta región, permanece ajena a cualquier postulado ecológico; ésta era, desde luego, una de las hipótesis manejadas, que no obsta para reafirmar nuestra reivindicación de este instrumento, la planificación integrada, como la herramienta más adecuada para afrontar la gestión territorial.

Desde nuestro punto de vista, las regiones fisiográficas aquí definidas en base a la geomorfología (ver figura 7.2, pág. 169) serían unidades adecuadas para su tratamiento en el contexto de una planificación ecológica a nivel regional y para este espacio.

7.3. DOMINIOS DEL RELIEVE: BASES PARA ESTABLECER COMARCAS FISIOGRAFICAS

Para definir estas unidades de detalle, se reduce nuevamente la extensión de la zona piloto. En este caso se pasa a un ámbito concreto de la vertiente septentrional; por el sur, se mantiene como límite la divisoria hidrográfica, y por el norte se adopta otro límite natural: el contacto geológico-geomorfológico del Sistema Central con la subcuenca Valverde-Ayllón.

7.3.1. Clasificación-descripción

A partir del mapa geomorfológico detallado (ver *Anexo Geomorfológico*) se realiza la agrupación de elementos morfológicos para formar dominios del relieve, teniendo como guía cada uno de los factores dominantes. Así resultan los dominios que aparecen en la tabla 7.1 y la figura 7.8, que pasamos a describir.

Tabla 7.1. Clasificación en dominios del relieve (D).

CONFIGURACIÓN PREVIA herencia o permanencia	MORFOGÉNESIS RECIENTE sustitución	RESULTADO (FD/FS) nivel de sustitución	DOMINIO
climático poligénico	climático frío (periglaciario)	cp/cf	altiplanicies poligénicas Gh-Me-Dcp/cf
estructural de fracturación	climático frío (periglaciario)	ef/cf	laderas de fracturación Gh-Me-Dcf/cf
climático intertropical	climático templado (fluvial)	ct/ci	pie demontes s.s. Gh-Ms-Dct/ci
climático intertropical	climático templado (fluvial)	ci/ct	llanuras de erosión Gh-Ms-Dci/ct
estructural de plegamiento	climático templado (fluvial)	ep/ct	relieves estructurales de plegamiento Ga-Ms-Dep/ct
litológico areno-arcilloso	climático templado (fluvial)	ct/la	cuestas y glaciares poligénicos Ga-Ms-Dct/la
climático intertropical	climático templado (fluvial)	ct/ci	fondos de depresión poligénicos Ge-Md-Dct/ci

- Altiplanicies poligénicas (Gh-Me-Dcp/cf)

Son el resultado de la asociación de elementos debidos al predominio de los factores de denudación (arrasamiento), junto a los derivados de su degradación posterior por acción periglaciaria. La morfología dominante está caracterizada por unas llanuras alomadas que culminan bloques o dovelas desgajados por la tectónica de reactivación.

Genéticamente es una superficie elaborada a lo largo de varios ciclos de erosión, que arrasó los relieves de la cordillera hercínica y, según las zonas, siguió evolucionando hasta los tiempos recientes (desde el Pérmico hasta al menos el 'terciario'). A lo largo de esa dilatada historia fue modelada por diferentes procesos, siendo determinante la acción fluvial o de redes jerarquizadas. Como ya se ha señalado, su posición actual se debe a la tectónica y no a fenómenos de erosión diferencial.

Desde un punto de vista fisiográfico es posible distinguir dos unidades: superficie de cumbres y superficies de paramera. Las primeras forman estrechas bandas a modo de cuerdas y culminan los bloques axiales del macizo; las segundas forman rellanos intermedios que, sin embargo, en algunos lugares actúan como divisoria o culminación principal.

- *Laderas de fracturación (Gh-Me-Def/cf)*

Por su asociación a grandes fracturas se interpretan genéticamente como formas de origen tectónico; en general se trata de escarpes 'originales' atenuados por erosión o relleno, aunque en ocasiones son una combinación de las tipologías 'heredado' y 'atenuado'. La atenuación de los planos de falla originales se produce por procesos torrenciales, gravitacionales, periglaciares y glaciares.

Fisiográficamente constituyen laderas de articulación entre las diferentes superficies de erosión escalonadas; cumbres, parameras y piedemontes. Son vertientes escarpadas, en ocasiones con replanos a modo de hombreras, y perfil rectilíneo o ligeramente cóncavo-cóncavo (en sentido descendente).

En el sector oriental, las laderas de la Sierra de Ayllón adoptan un relieve con cierto condicionante litológico. La estructura hercínica y la litología tienen un mayor reflejo en el relieve actual que en Guadarrama y Somosierra, originando erosiones diferenciales que contribuyen a definir crestas o barras, coincidentes con capas de cuarcitas, y vaguadas e incisiones sobre las pizarras. Sin embargo no llegan a verdaderos relieves 'apalachianos', y su fisonomía a esta escala sigue siendo próxima a la de los conjuntos ígneos y metamórficos de alto grado.

- *Piedemontes s.s. (Gh-Ms-Dct/ci)*

En origen formaban parte de la superficie de erosión desarrollada al pie de las elevaciones principales del macizo. Dicha superficie fue elaborada básicamente en un clima intertropical donde se formó una morfología grabada en profundidad, y posteriormente lavada por procesos de arroyada bajo un clima tropical. El piedemonte más próximo a las laderas serranas, es receptor de materiales procedentes de aquéllas, por lo que se encuentra parcialmente cubierto por formaciones superficiales de diverso origen (coluviones silíceos, abanicos rocosos, conos de deyección); esa evolución, muy ligada a las laderas, permite definir una asociación geomorfológica propia con categoría de dominio.

Fisiográficamente son una rampa-talud que constituye el 'piedemonte *sensu stricto*'. Enlaza con las laderas mediante cambios de pendiente asociados a las áreas apicales y centros de expansión de los materiales sedimentarios, y disminuyen su pendiente en su transición hacia las llanuras de erosión o rampas; ello le confiere un característico perfil cóncavo.

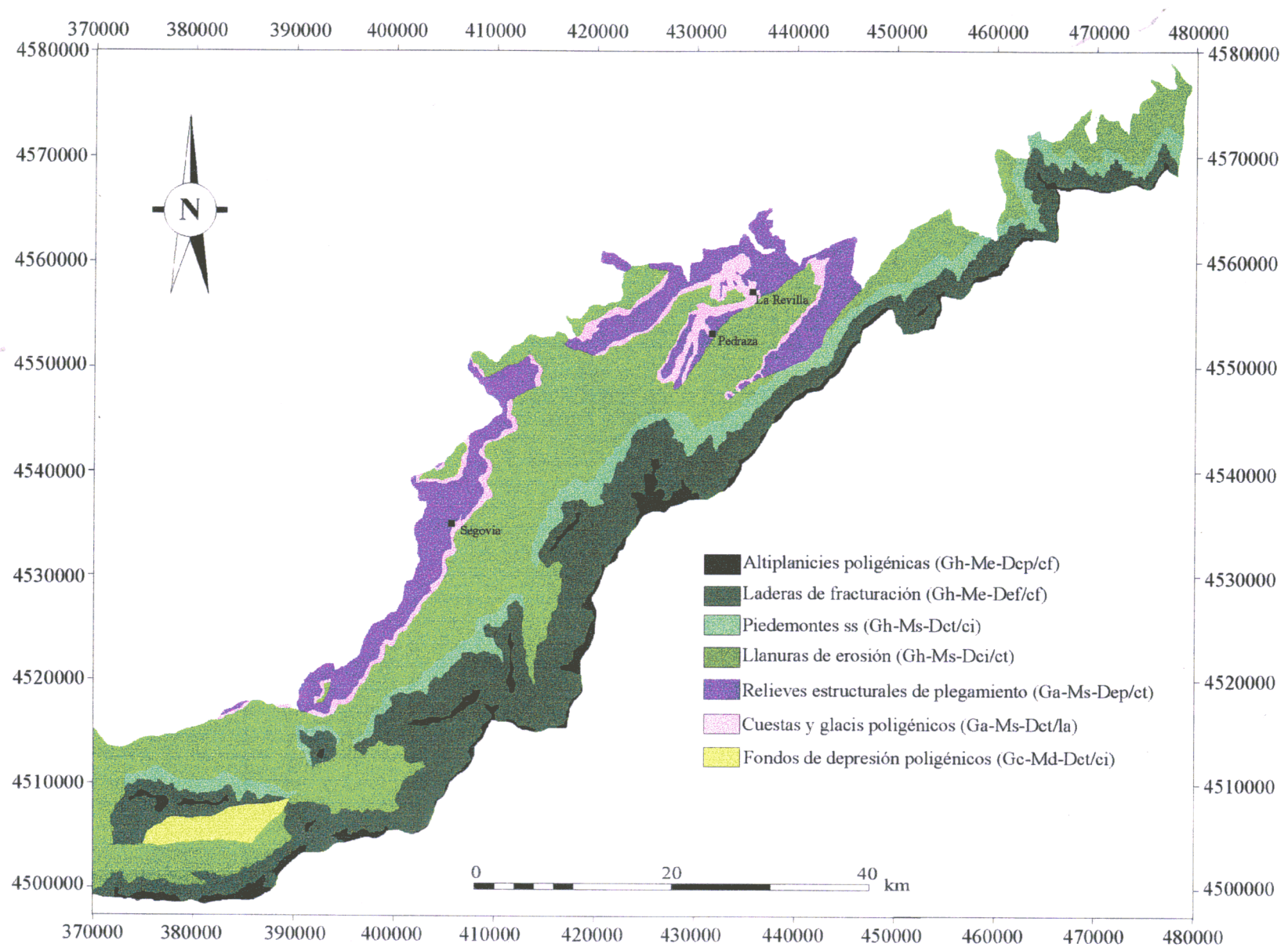


Figura 7.8. Cartografía de dominios del relieve

- *Llanuras de erosión (Gh-Ms-Dci/ct)*

Genéticamente se han interpretado como una superficie de erosión tipo *etchplain*, con procesos de remodelación posteriores. Es por tanto dominante en el paisaje la impronta de un relieve climático intertropical y tropical, degradado por procesos fluviales actuales y subactuales en clima mediterráneo, que tienden a sustituir esas paleoformas; en concreto, encajamientos ‘tipo garganta’ de los cursos que emergen del macizo montañoso, y ‘navas’ desarrolladas en zonas de alteración.

Fisiográficamente forman una extensa planicie al pie de las laderas de la Sierra que, a modo de rampa o glacis erosivo con escasa inclinación, se dirige hacia el centro de la cuenca. Dentro de ella se reconocen distintos niveles, con diferente desarrollo y valores altitudinales medios según las zonas; en ocasiones adopta direcciones y sentidos de inclinación opuestos. A pesar de su origen es significativa la uniformidad de esta superficie y la ausencia de resaltes en la misma (asimilables a relieves residuales).

- *Relieves estructurales de plegamiento (Ga-Ms-Dep/ct)*

Genéticamente proceden de la reelaboración de una superficie de piedemonte sobre relieves estructurales ‘derivados’, que fueron exhumados de las coberteras neógenas que los fosilizaban. Así pues, estos relieves están parcialmente condicionados por la estructura, y en su culminación por la llanura que los bisela. El condicionante estructural deriva del bajo buzamiento de las series sedimentarias (mesas, cuestras), aunque localmente aparecen fracturas y pliegues a los que se asocian crestas, *hog-backs*, *combes*, *monts*, *cluses*, etc.

Adoptan una configuración en llanuras onduladas, de suave vergencia en la dirección y sentido del buzamiento, que a modo de glacis se correlacionan altitudinalmente con las llanuras de erosión del piedemonte serrano. Se corresponden con lo que la terminología local denomina ‘lastras’, término que hace referencia a “lancha o piedra plana”, designando así el desarrollo de superficies de erosión más o menos coincidentes o condicionadas por planos de estratificación en las rocas carbonáticas.

- *Cuestras y glacis poligénicos (Ga-Ms-Dct/la)*

Se sitúan mayoritariamente en los tramos basales, areno-arcillosos, de las laderas que constituyen los frentes de cuesta correspondientes a los relieves estructurales. Deben su origen a procesos del modelado mixtos arroyada-gravitacional, incluso periglaciares, que definen taludes regularizados. La influencia de la litología en el modelado se manifiesta en la organización de la escorrentía y la localización de las zonas de acción de la arroyada concentrada, quedando patente en forma de frecuentes regueros y cárcavas.

Fisiográficamente son laderas cortas y pendientes, de perfil rectilíneo a cóncavo, es decir cuestras (s.s.), que enlazan con los fondos de valles y surcos subsecuentes mediante glacis.

- Fondos de depresión poligénicos (Gc-Md-Dct/ci)

Genéticamente son formas del modelado directamente relacionadas con el encajamiento fluvial, que a partir de una superficie culminante y mediante procesos de arroyada crea una serie de glacis escalonados que la sustituyen. Los materiales procedentes del lavado en el tramo superior del glacis se acumulan al pie de éste, llegando a constituir formaciones superficiales poligénicas (glacis mixto). Paralelamente se observa un cierto control litoestructural en el desarrollo de esta unidad, ya que parte de los restos de la superficie culminante constituyen realmente mesas y cerros testigo.

Fisiográficamente son replanos articulados, con perfil tipo glacis y morfología en planta lobulada, que enlazan los restos de la superficie más alta con los fondos aluviales. Estos glacis presentan diferente desarrollo e inclinación según el rango jerárquico de la corriente fluvial a la que se asocian, orientándose incluso en direcciones ortogonales y sentidos opuestos.

Anotemos para finalizar, que las relaciones genéticas entre estos dominios y las regiones físico-geológicas y geomorfológicas ya descritas, se recogen en la figura 7.9.

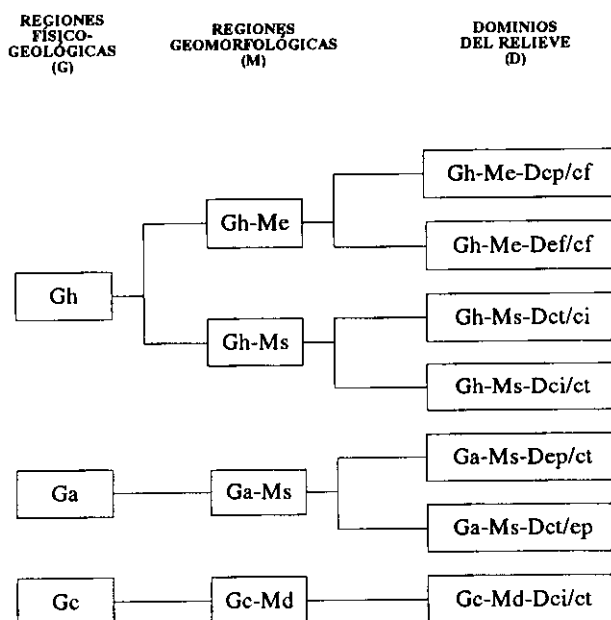


Figura 7.9. Dendrograma que muestra la tipología y relaciones jerárquicas de los dominios del relieve.

7.3.2. Aproximación a las comarcas fisiográficas

Siguiendo las indicaciones que ya se comentaran en el apartado 5.4.3, y la metodología descrita para la transformación de las regiones geomorfológicas en fisiográficas, también aquí realizamos un intento de aproximación a las 'comarcas fisiográficas', reflejado en el cuadro 7.2.

Dado que estas unidades son las más adecuadas para diagnosticar los denominados 'usos vocacionales' y posibles 'distorsiones' inducidas por otros usos efectivos, incluiremos una breve descripción acerca de este particular.

- *Cumbres de las sierras (dominio del relieve: altiplanicies poligénicas)*

Las superficies de cumbres conservan un grado de naturalidad elevado (matorrales de piorno y enebro rastrero; foto 7.3), y se trata por tanto de sistemas poco alejados de aquéllos que les corresponde de manera potencial (sistemas naturales). El uso tradicional de estos territorios ha sido el pastoreo de verano, el cual se mantiene en buena medida. Los problemas de mayor trascendencia están relacionados con las actividades del esquí e infraestructuras anejas.

- *Parameras serranas (dominio del relieve: altiplanicies poligénicas)*

Al contrario que en el caso anterior, el territorio está muy intervenido desde antiguo y sometido a un proceso de deforestación intenso. Ello se debe a su potencialidad para desarrollar pastizales en las zonas de navas, es decir, pequeñas depresiones con frecuentes encharcamientos e hidromorfismos, favorecidos por la alteración de los materiales del sustrato. Debe tenerse en cuenta que el extremado rigor climático de muchos de estos altiplanos no favorece la autorregeneración de las masas arbóreas una vez deforestado el terreno. De hecho en las parameras occidentales, las más características (Paramera de Ávila), la formación de matorral (piornales) adquiere carácter de vegetación potencial en determinados lugares, quizás por ese rigor climático (temperaturas y viento) antes citado.

- *Laderas de la Sierra (dominio del relieve: laderas de fracturación)*

Constituyen espacios de una potencialidad forestal clara, caracterizados por la disposición en franjas altitudinales (catena orográfica) de las diferentes formaciones vegetales (pisos). Únicamente en la parte superior está ausente el estrato arbóreo, que es sustituido por matorrales y pastizales de alta montaña. En el sector oriental, aparecen hayedos ocupando umbrías y sustratos de formaciones superficiales.

Cuadro 7.2. Asociaciones entre dominios del relieve y elementos o factores del medio, definiendo comarcas fisiográficas.

DOMINIO DEL RELIEVE	ASOCIACIÓN LITOLÓGICA	PATRÓN DE RELIEVE	RELIEVE INTERNO (Arnot y Grant, 1981)	PATRÓN DE DRENAJE (Way, 1973)	SUELOS (FAO, 1991)	VEGETACIÓN POTENCIAL Rivas Martínez <i>et al.</i> (1987)	USO TRADICIONAL	COMARCA FISIOLÓGICA
Gh-Me-Dcp/cf altiplanicies poligénicas	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas	superficie de erosión	hasta 300 m	angular-dendrítico	leptosoles líticos	pastizales de altura, piornales (cesped alpino)	praderas de verano	cumbres
					cambisoles húmicos y gleicos	pinos silvestres y robledales melojos	pastizal-forestal	parameras
Gh-Me-Def/cf laderas de fracturación	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas	escarpes de origen tectónico	hasta 1200 m	angular-dendrítico	cambisoles y leptosoles húmicos	pinos silvestres, robledal melojo, hayedos	forestal	laderas
Gh-Ms-Dct/ci pie demontes s.s.	conglomerados, gravas	abanicos de pie demonte	hasta 300 m	angular-dendrítico	cambisoles húmicos	robledal melojo	forestal-pastizal	matas
Gh-Ms-Dci/ct llanuras de erosión	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas	superficie de erosión (relieve tectoerosivo)	hasta 150 m	angular-dendrítico	cambisoles húmicos (1) cambisoles dísticos (2)	robledal melojo (1) encinar acidófilo (2)	pastizal (pastoreo extensivo)	rampas
Ga-Ms-Dct/la cuestas y glacis poligénicos	arenas silíceas, arcillas caoliníferas	frente de cuesta laderas regularizadas	hasta 150 m	dendrítico (grueso)	arenosoles álbicos, cámbicos y lúvicos	robledal melojo encinar acidófilo	minería	arenales
Ga-Ms-Dcp/ct relieves estructurales de plegamiento	dolomías, areniscas dolomíticas, calizas y margas	relieves tabulares y de plegamiento	hasta 300 m	interno-angular	cambisol calcárico calcisol háplico leptosol rendsinico	encinar basófilo sabinar	pastizal (pastoreo extensivo)	lastras
Gc-Md-Dct/ci fondos de depresión poligénicos	conglomerados, arcosas, arenas y arcillas	llanuras sobre materiales sedimentarios	hasta 150 m	dendrítico (medio a fino)	luvisoles háplicos	encinar acidófilo	cultivos de secano (cereal)	campiñas

Los usos tradicionales en estas zonas contribuyeron a su deforestación, quedando exentas tan sólo las áreas aprovechadas como 'montes' y cazaderos; incluso las franjas basales, constituidas por formaciones superficiales, llegaron a abancalarse para cultivo. Más recientemente se ha favorecido la extensión artificial de las formaciones de pinar (*Pinus sylvestris*), que han llegado a cubrir amplias superficies de las laderas (foto 7.4) a expensas del dominio potencial del roble.

Una característica esencial de las laderas es su capacidad intrínseca para recoger y transmitir recursos hídricos, importantes tanto por su cantidad como calidad. El ancestral aprovechamiento de estos recursos mediante 'caceras', ha dado paso a modernas obras hidráulicas.

En resumen, a pesar de tratarse de una unidad ostensiblemente modificada por acción antrópica, presenta amplias extensiones de cubierta forestal, y conserva la propiedad de ser sustento de paisajes con una alta calidad y valoración, e importante fuente de recursos hídricos.

- *Matas (dominio del relieve: piedemonte s.s.)*

Forman parte del dominio potencial del robledal, muy transformado para actividades agrosilvopastoriles. Así, el primitivo melojar de *Quercus pyrenaica* que discurría de forma continua por la zona inferior de todas las laderas, queda hoy reducido a manchas discontinuas, debido a varias circunstancias: la ya citada extensión del pinar, las prácticas del carboneo (origen de la denominación 'matas': Mata de Pirón en Sotosalbos, Mata del Fraile en Collado, Mata de la Saúca en la Granja y Matas de Valsáin), cuando no su total deforestación para obtención de pastos (laderas de la Atalaya), y en menor medida para cultivo (Prádena).

- *Rampas (dominio del relieve: llanuras de erosión)*

Por su configuración como superficie de erosión rocosa, las rampas presentan unas características bien definidas: su alto grado de deforestación, pasando a estar ocupada por extensos pastizales de aprovechamiento ganadero únicamente interrumpidos por dehesas (foto 7.5); la escasa permanencia de los cultivos establecidos en determinadas épocas históricas; y su accesibilidad, que ha permitido una elevada densidad de núcleos de poblamiento y vías de comunicación.

El declive del sector ganadero y la ausencia de usos alternativos, han favorecido la implantación de actividades urbanísticas e infraestructurales, pasando éstas a constituir los usos más difundidos en toda la unidad. Por este motivo, se trata de la unidad con una situación más crítica desde un punto de vista ambiental.

Como consecuencia de la configuración ya descrita y de su articulación con otros dominios, las actividades que tienen lugar en estas regiones afectan de modo especial a los valores paisajísticos de la Sierra que las sirve de telón de fondo (ver foto 7.2, pág. 173). Las

relaciones entre la fragilidad visual y la configuración del relieve presentan en este sector un ejemplo paradigmático. En efecto por la arquitectura de su relieve, todo el Sistema Central presenta una muy elevada vulnerabilidad paisajística en su entorno; ello se debe a la simplicidad morfoestructural de esta cadena con respecto a otros sistemas montañosos, en los cuales una mayor complejidad del relieve —con presierra o precordilleras—, actúa como franja de transición entre los ambientes montañosos y los del llano, y tiene por tanto efectos de amortiguación visual de las transformaciones.

- *Lastras (dominio del relieve: relieves estructurales de plegamiento)*

Se trata de espacios muy afectados por procesos históricos de deforestación para la obtención de pastos (foto 7.6), y en ocasiones cultivos; por tanto, muy alejados de su situación potencial. Los únicos restos de las masas forestales originales (encinares, sabinars, quejigars), han quedado relegados a las laderas más abruptas y menos aptas para la roturación. Los sabinars, estudiados en detalle por Torrecilla (1991), ocupan normalmente los suelos más pobres de estos macizos calcáreos mesozoicos¹, y los quejigars los más ricos (umbrías).

Actualmente, la marginalidad de las actividades agrosilvopastoriles está favoreciendo la recuperación de la vegetación natural, sin otra ayuda que su propia capacidad de autorregeneración. Así, a pesar de que se le ha atribuido muchas veces al sabinar un significado relictivo, su expansión actual por terrenos de cultivo abandonados permite ponerlo en duda. Allué *et al.* (1995) han argumentado que incluso podrían constituir una etapa serial del encinar o del quejigar, con los que se mezcla en numerosas ocasiones y coincide en especies acompañantes en sus etapas de degradación (tomillars, esplegueras y aulagars).

Desde el punto de vista de los recursos abióticos, destacan las rocas de construcción y los reservorios de aguas subterráneas (acuíferos fisurales), aprovechamientos ambos extendidos desde antiguo, fundamentalmente en el entorno de la ciudad de Segovia.

- *Arenales (dominio del relieve: cuevas y glaciares poligénicos)*

Presentan como usos ancestrales mayoritarios las actividades mineras y agrícolas. Las primeras han aprovechado la calidad de estos materiales geológicos (arenas silíceas y arcillas refractarias) y actualmente manifiestan una tendencia al incremento en su explotación; la agricultura de secano generó la deforestación parcial y el abancalamiento de estas cuevas, y vino acompañada de un incremento en las actividades ganaderas (pastoreo extensivo).

¹ Estos sabinars aparecen localmente, al pie de Somosierra y en Peñarrubias, sobre suelos silíceos, lo que de nuevo pone de manifiesto la dificultad para establecer unidades homogéneas, de contenido integral. Aparecen en este sentido, paleoalteraciones, vegetación relictiva, etc., que dificultan ese objetivo.



Foto 7.3. Dominio del relieve: altiplanicies poligénicas. Comarca fisiográfica: cumbres de la sierra.



Foto 7.4. Dominio del relieve: laderas de fracturación. Comarca fisiográfica: laderas de la sierra.

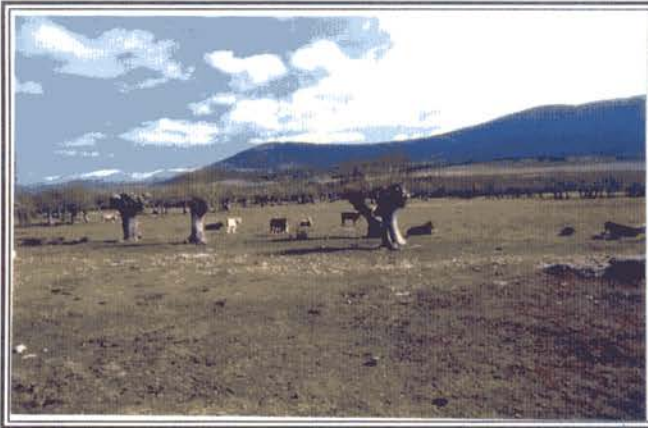


Foto 7.5. Dominio del relieve: llanuras de erosión. Comarca fisiográfica: rampas



Foto 7.6. Dominio del relieve: relieves estructurales de plegamiento. Comarca fisiográfica: lastras.

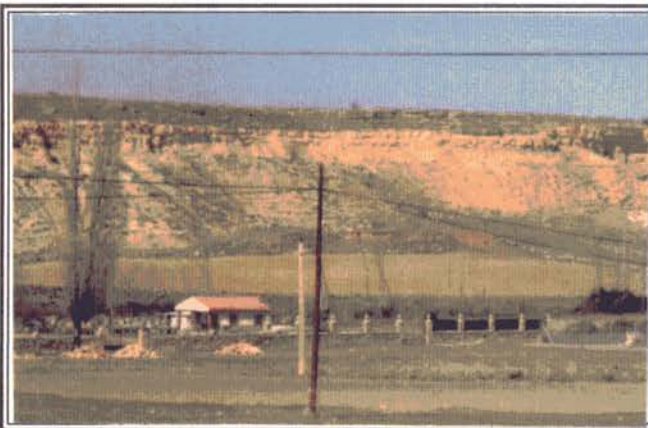


Foto 7.7. Dominio del relieve: cuestras y glaciais poligénicos. Comarca fisiográfica: arenales, cuestras.



Foto 7.8. Dominio del relieve: fondos de depresión poligénicos. Comarca fisiográfica: campiñas.

Como consecuencia de esas actividades, o incluso fruto de su abandono, existe una acusada degradación natural y paisajística (foto 7.7), que ha acelerado los procesos de la dinámica natural e inducido otros inexistentes en los estados previos a la actividad antrópica.

- *Campiñas*

La configuración morfológica y la alta potencialidad edáfica del sustrato, han condicionado un uso ancestral casi exclusivo: los cultivos de secano (foto 7.8). Por tanto, la vegetación potencial ha sido eliminada casi por completo, constituyendo sistemas muy alejados de los que potencialmente les corresponde y cuyo equilibrio está mantenido de forma artificial.

7.3.2.1. *Comarcas fisiográficas y geográficas*

Las comarcas fisiográficas aproximan a lo que Dantín Cereceda (1922) y Hernández-Pacheco (1934a, 1955-1956) denominaron 'comarcas naturales', en realidad equivalentes a 'geográficas', 'agrarias', 'históricas', etc. Se puede establecer así una tentativa de correlación secuencial del modo siguiente: dominios del relieve - comarcas fisiográficas -(natural, para los autores clásicos)- comarcas geográficas (socioeconómicas, políticas, o históricas, para otros autores).

Dentro del Sistema Central tienen verdadera categoría de comarca: el Valle del Tiétar, el Valle del Jerte, el Valle de Lozoya, etc.; todas ellas están más próximas a la asociación de varias unidades del relieve equivalentes a las aquí definidas, que a aquéllas otras unidades delimitadas utilizando 'líneas geológicas' muy evidentes pero sin valor fisiográfico, como en ocasiones se ha hecho con estos fines. En la figura 7.10 aparece un ejemplo de compartimentación de las regiones geomorfológicas, siguiendo las líneas maestras de los bloques tectónicos; como puede observarse, la complejidad del resultado establece un mosaico que no se presta a ninguna estructuración integral, ya que la evolución del relieve, la vegetación, los suelos, e incluso los usos, etc., 'homogeinizan' más el territorio.

Leyenda figura 7.10.

Región geomorfológica: alineaciones orográficas en los macizos antiguos (Gh-Me)

- Alineación de Guadarrama
 - * Horst Navacerrada-Guadarrama (1.1)
- Alineación de la Mujer Muerta-Quintanar
 - * Horst Sierra de Quintanar (1.2)
 - * Horst Mujer Muerta (1.3)
- Alineación de Cuerda Larga
 - * Horst Puerto de Navacerrada-Cuerda Larga (1.4)
- Alineación de los Montes Carpetanos
 - * Horst Peñalara-Navacerrada (1.5)
 - * Horst Los Pelados (1.6)
 - * Horst Somosierra (1.7)
- Alineación Somosierra-Sierra de Ayllón
 - * Horst Tres Provincias (1.8)
 - * Horst Pico del Lobo (1.9)
 - * Horst La Buitrera-La Torrecilla (1.10)
- Sierra de Malagón-Los Calocos
 - * Horst Puerto de La Lancha (1.11)
 - * Horst Ojos Albos-Peña Morena (1.12)
 - * Horst La Cepeda (1.13)
 - * Horst Guadarrama-Cuelgamuros (1.14)
 - * Horst Los Calocos (1.15)
 - * Horst Cabeza Reina (1.16)
- Guadarrama Central
 - * Horst La Camorca-Matabueyes (1.17)
 - * Horst La Atalaya (1.18)

Región geomorfológica: alineaciones orográficas en las cordilleras de plegamiento (Ga-Me)

- Relieves plegados de Grado del Pico (1.19)

Región geomorfológica: planicies en los macizos antiguos y depresiones (Gh-Ms)

- Piedemonte occidental
 - * Horst-rampa de Villacastín (2.1)
- Piedemonte del Guadarrama suroccidental y central
 - * Horst-rampa de Otero de Herreros-Segovia (2.2)
 - * Horst-rampa de Sotosalbos (2.3)
 - * Horst-rampa de Bernuy de Porreros (2.4)
 - * Horst-rampa de Covatillas (2.5)
- Piedemonte del Guadarrama nororiental
 - * Horst-rampa de La Cuesta-Arahuetes (2.6)
 - * Horst-rampa de Navafria-Siguero (2.7)
 - * Horst-rampa de Sancho Pedro-Ventosilla (2.8)
 - * Horst-rampa de Arevalillo de Cega (2.9)
- Piedemonte septentrional de Somosierra-Ayllón
 - * Horst-rampa de Villarejo-Riaza (2.10)
 - * Horst-rampa de Martín Muñoz de Ayllón-Grado del Pico (2.11)
- Piedemonte en depresiones interiores
 - * Horst-rampa de Campo Azávaro (2.12)
 - * Graben de El Espinar (2.13)
 - * Horst-rampa de San Ildefonso-Valsain (2.14)
- Piedemonte de exhumación reciente de coberteras sedimentarias
 - * Collado Hermoso-Torre Val de San Pedro (2.15)
 - * Gallegos (2.16)
- Macizos satélite culminados por materiales paleozoicos²:
 - * Macizo satélite de Lastras de Lama (2.17)
 - * Macizo satélite Santa María-Carbonero (2.18)
 - * Macizo satélite de Zarzuela del Pinar (2.19)

Región geomorfológica: planicies en las cordilleras de plegamiento (Ga-Ms)

- Rellenas por coberteras sedimentarias mesozoicas
 - * Graben de Vegas de Matute-Adrada de Pirón (3.1)
 - * Graben de Torreiglesias (3.2)
 - * Graben de Matabuena-Casla (3.3)
 - * Graben de Pedraza-Castroserna de Abajo (3.4)
 - * Graben de Caballar-La Matilla (3.5)
- Macizos satélite culminados por materiales cretácicos
 - * Los Huertos (3.6)
 - * Cantimpalos (3.7)
 - * Sepúlveda (3.8)
 - * Lastras de Cuéllar (3.9)

Región geomorfológica: llanuras en las cuencas sedimentarias (Gc-Md)

- Grabens y depresiones tectónicas interiores, rellenas por coberteras sedimentarias cenozoicas
 - * Graben de Campo Azávaro (4.1)
- Cuencas sedimentarias
 - * Subcuenca terciaria Valverde del Majano-Ayllón y cuenca del Duero s.s. (4.2)

² También presentan coberteras cretácicas que los orlan.

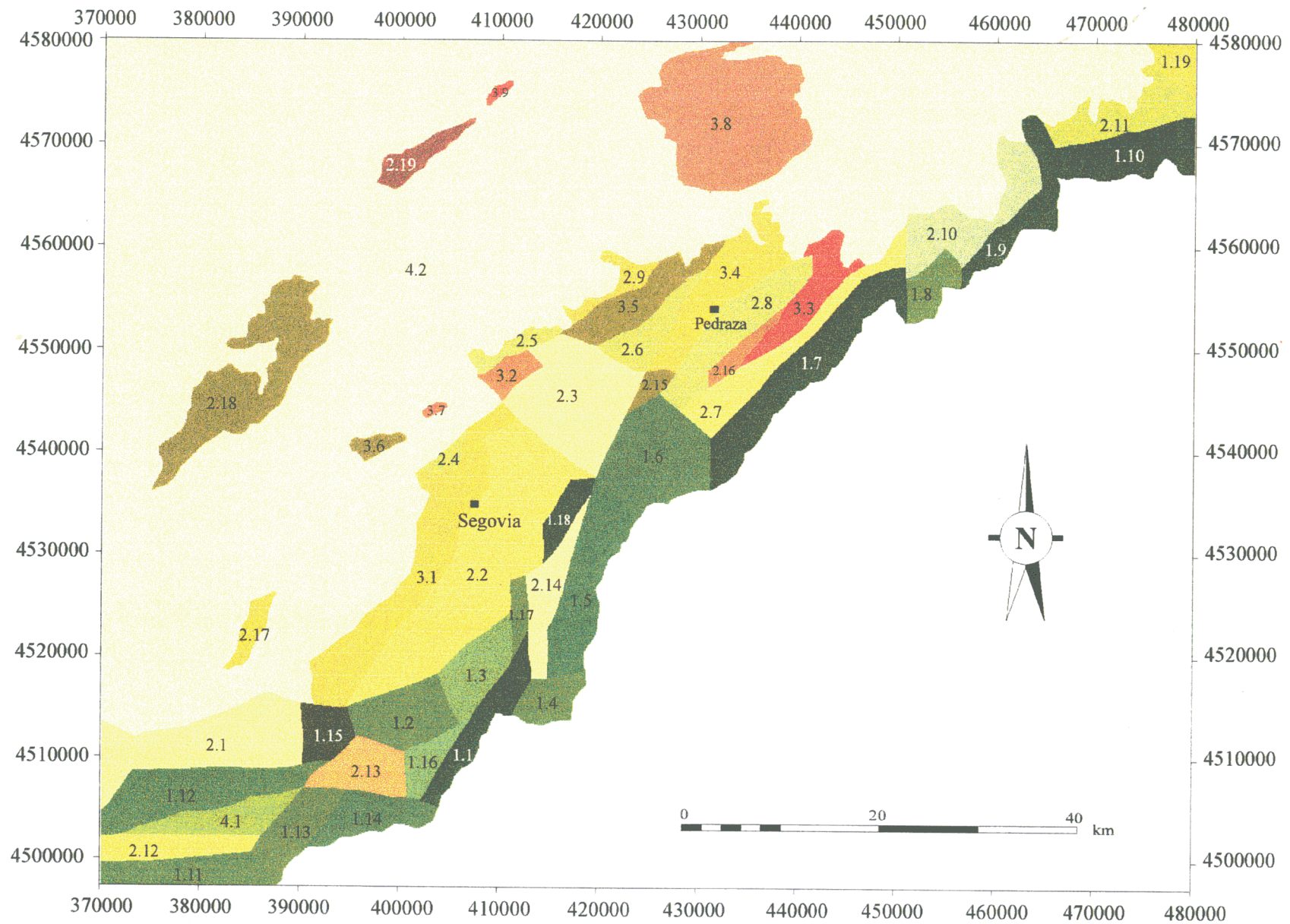


Figura 7.10. Cartografía de morfoestructuras elementales a partir del mapa de regiones geomorfológicas.

7.3.3. Discusión

Los dominios del relieve constituyen un punto de partida adecuado para la definición de unidades integradas a escala comarcal, aquí denominadas ‘comarcas fisiográficas’; dichas unidades son equivalentes a las definidas en el *Mapa Fisiográfico de Madrid* (Pedraza *et al.*, 1986). A su vez, las comarcas fisiográficas son útiles como unidades de trabajo en planificación integrada a nivel supramunicipal y siguiendo métodos fisiográficos; aún así, a este nivel sería necesaria su complementación con métodos paramétricos, definiendo valoraciones intrínsecas (calidades, riesgos, etc.) y modelos de capacidad-impacto para los diferentes usos posibles en el territorio.

7.3.3.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial

La evaluación-diagnóstico de las comarcas fisiográficas obtenidas a partir de los dominios del relieve, en términos relativos a su ‘uso vocacional’ y/o la posible desviación entre éstos y los existentes, permite establecer unas ‘directrices’ de ordenación para cada unidad (figura 7.11).

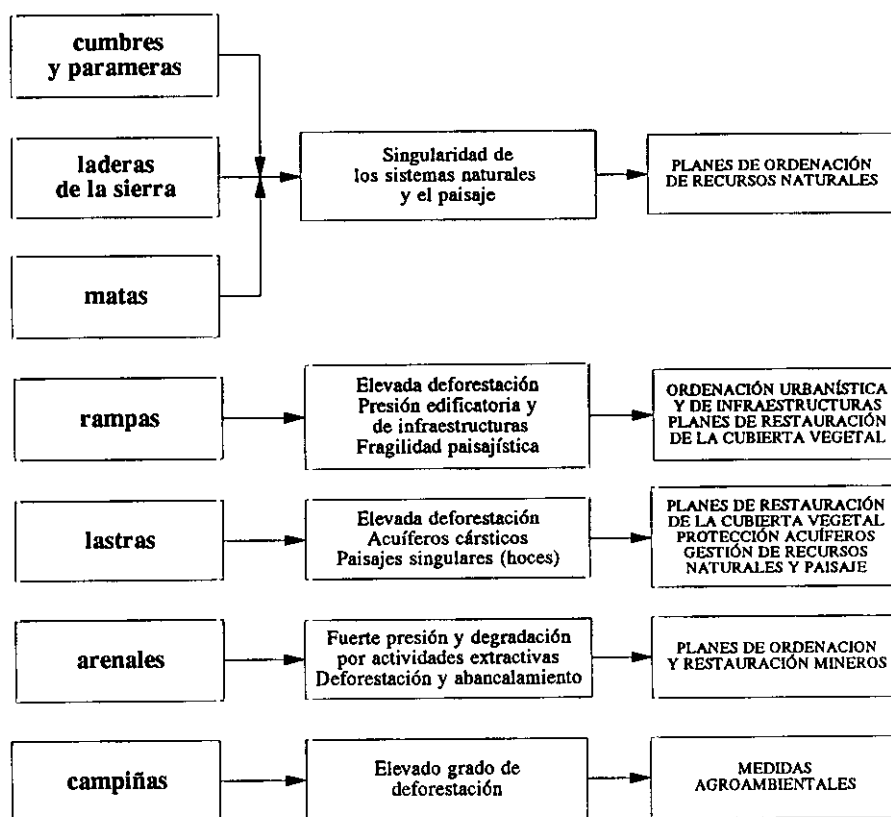


Figura 7.11. Diagnóstico territorial para las distintas comarcas fisiográficas, definidas en base a los dominios del relieve, para su incorporación a Planes y Directrices de Ordenación Territorial con un enfoque integrado o ecológico.

Partiendo de los contenidos de la figura 7.11, es interesante discutir de nuevo algunas iniciativas de ordenación 'reales' desarrolladas sobre el mismo ámbito territorial.

- La Red de Espacios Naturales de Castilla y León (REN)

Esta iniciativa (JCL, 1990) definía 49 espacios naturales en la Comunidad Autónoma de Castilla y León susceptibles de protección; entre ellos aparecían: el sistema de las vertientes meridionales de las sierras de Guadarrama y Somosierra, con la figura de 'paisaje protegido'; y la cabecera del río Riaza como 'parque natural' (figura 7.12).

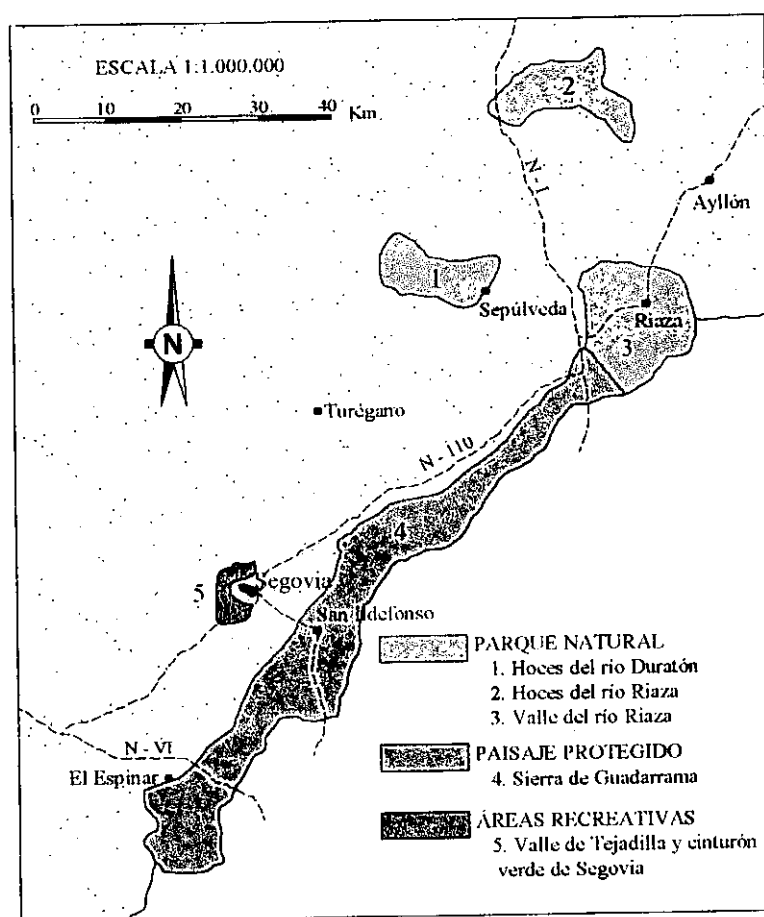


Figura 7.12. Delimitación inicial de la Red de Espacios Naturales de Castilla y León en la vertiente nororiental del Sistema Central (JCL, 1990). De ellos, en el momento actual sólo se encuentran declarados las Hoces del río Duratón, y están propuestos para su inclusión las Hoces del río Riaza (Parque Natural), y el Hayedo de Riofrío de Riaza (Reserva Natural); este último considera únicamente una pequeña porción del inicialmente propuesto 'Valle del río Riaza' (unidad 3).

Por comparación con nuestro análisis, cabe discutir primero de todo que la delimitación de los espacios naturales señalados no atiende a criterios del 'medio natural', como cabría esperar de su propia denominación.

La clasificación y diagnóstico de los dominios del relieve aquí efectuados (figuras 7.8, pág. 185, y 7.11, pág. 199) sería aplicable a una planificación ecológica a este nivel comarcal-regional; dentro de esa ordenación general, los dominios con un mayor grado de ‘naturalidad’ podrían incluirse en un contexto de ‘espacios naturales’.

- *El Plan Especial de la Sierra de Guadarrama*

Las iniciativas para declarar paisaje protegido a la vertiente septentrional del Guadarrama y parque natural al Valle del río Riaza no llegaron a prosperar. Para intentar paliar esa deficiencia, en 1994 se elabora un *Plan Especial de la Sierra de Guadarrama* (Alonso Teixidor, 1994), de nuevo con el objeto de hacer frente a la presión urbanística sobre esta vertiente serrana; esta vez en el marco de la Ley del Suelo, pero con una figura de escasa fuerza normativa en tanto debe someterse a las consideraciones de otros Planes. En este caso, el ámbito de actuación incluía únicamente el sector más oriental (Torrecaballeros-Cerezo de Arriba) del inicialmente pretendido ‘paisaje protegido’ de la Sierra de Guadarrama; si la delimitación de este espacio era arbitraria, la del Plan Especial lo es aún mucho más, en tanto se restringe a un sector muy concreto dentro del conjunto serrano.

Respecto a la clasificación territorial dentro del espacio propuesto, el estudio de referencia distingue una serie de unidades de ‘paisaje natural’ (figura 7.13) poco adecuadas como punto de partida para la planificación integrada; ello es así en tanto compartimenta unidades naturales en base a criterios históricos y sociopolíticos. Se aleja pues de uno de los postulados básicos de la planificación ecológica: clasificación-evaluación del medio natural (vía ecológica), y confrontación con su demanda social (vía socioeconómica); ver figura 1.2, pág. 17.

- *Las Normas Subsidiarias de ámbito Provincial de Segovia*

El documento de referencia (DPS, 1994) asume ciertos aspectos de la ‘planificación integrada’ (al menos a un nivel teórico). De hecho, partiendo de información temática relativa al medio físico establece una clasificación en siete Categorías Territoriales (CT), las cuales subdivide a su vez en 25 Áreas Homogéneas (AH). Las CT tienen un significado próximo a Áreas de Diagnóstico y las AH a Unidades Ambientales de la metodología de González Bernáldez *et al.* (1973).

Como crítica más destacable al método se sitúa la ‘poca definición’ de los mapas orientativos. Así, si el nivel comarcal ha de establecer unas directrices claras a los municipios, éste debiera realizar cartografías más detalladas —a escalas como mínimo 1:100.000 y más favorable a 1:50.000—. A pesar de que este instrumento de ordenación no tiene capacidad jurídica para clasificar suelo, sí lo tiene para efectuar ‘directrices’ a los municipios sin planeamiento; por ello debe basarse en unidades territoriales más detalladas (por ejemplo del tipo de la figura 7.15, que trataremos en el epígrafe siguiente).

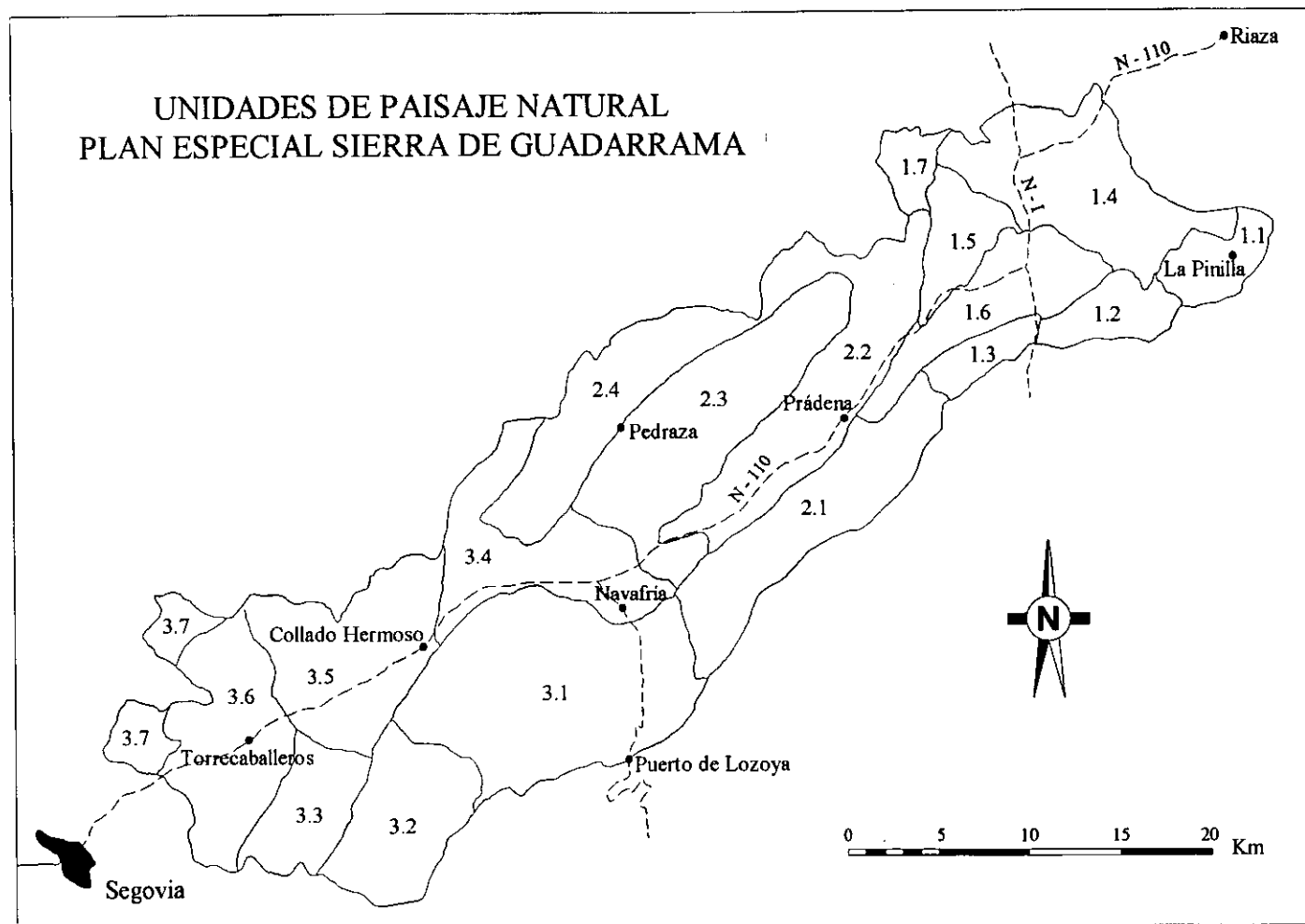


Figura 7.13. Delimitación del ámbito de actuación del Plan Especial de la Sierra de Guadarrama, y clasificación en unidades de paisaje natural (en Alonso Teixidor, 1994). 1) Sector oriental: 1.1. Sierra de Ayllón-Riaza; 1.2. Somosierra-Cebollera; 1.3. Baja Somosierra Occidental; 1.4. Lomas y Cerros de Cerezo de Arriba; 1.5. Valle del Arroyo del Puerto; 1.6. Rampa de La Somosierra; 1.7. Campiña de Duruelo-Los Cortos. 2) Sector Central: 2.1. Los Montes Carpetanos orientales; 2.2. El piedemonte de Prádena; 2.3. El piedemonte de Tejadilla-Cañicosa; 2.4. El bloque de Pedraza. 3. Sector occidental: 3.1. El pinar de Navafría; 3.2. Valles montanos de los ríos Cambrones y Pirón; 3.3. Sierra de la Atalaya; 3.4. Piedemonte de Navafría; 3.5. Rampa de Sotosalbos; 3.6. Rampa de Torrecaballeros; 3.7. Cuestas de Espirido y Brieva.

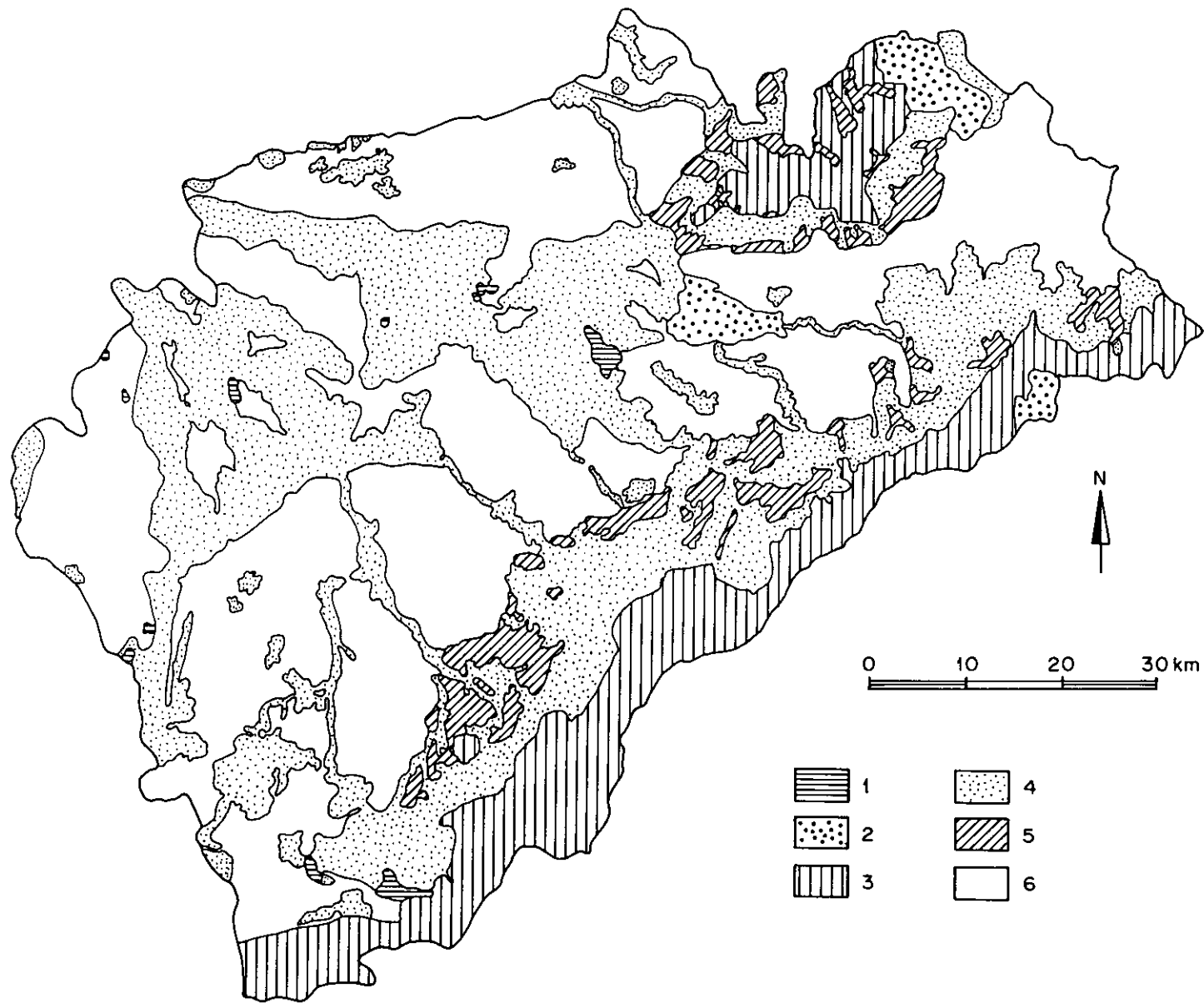


Figura 7.14. Clasificación de suelo prevista por las Normas Subsidiarias con ámbito provincial de Segovia (DPS, 1994). 1. Humedales protegidos; 2. Espacios Naturales declarados; 3. Suelo no urbanizable especialmente protegido SNUEP; 4. Suelo no urbanizable protegido SNUP; 5. Suelo no urbanizable común SNUC (en áreas protegidas); 6. Suelo no urbanizable común SNUC. Dada la escala de representación, el suelo urbano no aparece cartografiado.

7.4. ELEMENTOS DEL RELIEVE: ANÁLISIS SECTORIALES

Desde el punto de vista del conjunto de factores que componen el medio abiótico, los elementos del relieve constituyen unidades con gran homogeneidad. Son útiles por tanto como unidades funcionales o de diagnóstico para múltiples aplicaciones relacionadas con la gea.

Los elementos del relieve son unidades *grosso modo* equivalentes a las definidas en los mapas geomorfológicos básicos; es decir: con características morfográficas homogéneas (Crofts, 1974), coincidentes a su vez con unidades morfogenéticas en tanto la configuración es normalmente resultado de un proceso concreto (por ejemplo, un escarpe, un talud de derrubios, un glacis). Sin embargo esto no siempre sucede así, de modo que un mapa geomorfológico incluye unidades de diferente rango o categoría taxonómica (por ejemplo, restos de una superficie de erosión, un circo glaciar, un relieve residual). En cualquier caso, la transformación de un mapa geomorfológico (símbolos) en otro de polígonos, conservando la homogeneidad litológica, morfográfica y morfogenética, produce una clasificación de terrenos con características similares (unidades homogéneas), y en las cuales se espera un comportamiento similar ante un uso.

Antes de pasar a la aplicación estricta de la clasificación en elementos del relieve (epígrafe 7.4.3), llevamos a cabo una clasificación-valoración a partir del mapa geomorfológico.

7.4.1. Clasificación-descripción

En este epígrafe se han definido las unidades correspondientes a los dominios del relieve del epígrafe anterior (ver figura 7.8, pág. 185). El mapa resultante aparece dividido en dos: sector occidental (figura 7.15a), realizado en base a las cartografías geomorfológicas incluidas en los mapas de la serie MAGNA (Fernández García *et al.*, 1990, 1991; Pedraza *et al.*, 1990, 1991; Bardají *et al.*, 1991; Sanz Santos *et al.*, 1991); y sector oriental (figura 7.15b), definido a partir del mapa geomorfológico elaborado por nosotros (ver anexo *Análisis Geomorfológico*).

Según el esquema que hemos adoptado en las descripciones, aquí deberíamos caracterizar cada unidad por su configuración, génesis, y referencia fisiográfica; de hecho se hará así, si bien morfografía, génesis, y fisiografía, aparecen tan unificados a esta escala que es difícil estructurar su descripción en apartados, tal como se hizo en los casos anteriores. De acuerdo con esta precisión, pasamos a describir cada uno de los elementos.

- Restos de superficie de erosión formando cumbres

Genéticamente constituyen los residuos originales de una penillanura escasamente degradada; por ello conservan un regolito tipo 'grus'. Forman rellanos y cerros (relieves residuales tipo *monadnocks*) en las cumbres serranas, situados entre los 1.800-2.200 m.

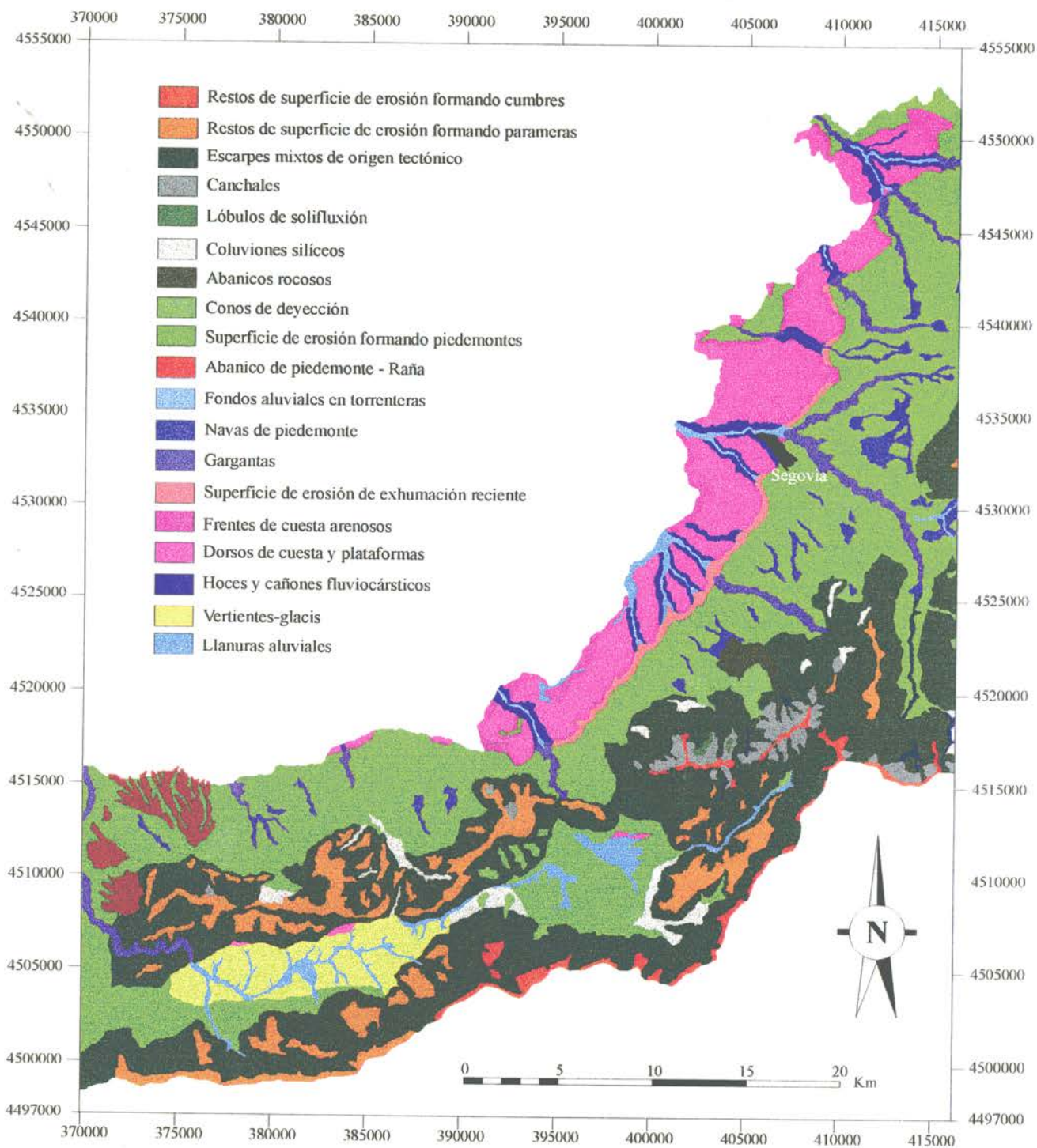


Figura 7.15a. Síntesis a partir del mapa geomorfológico (sector occidental).

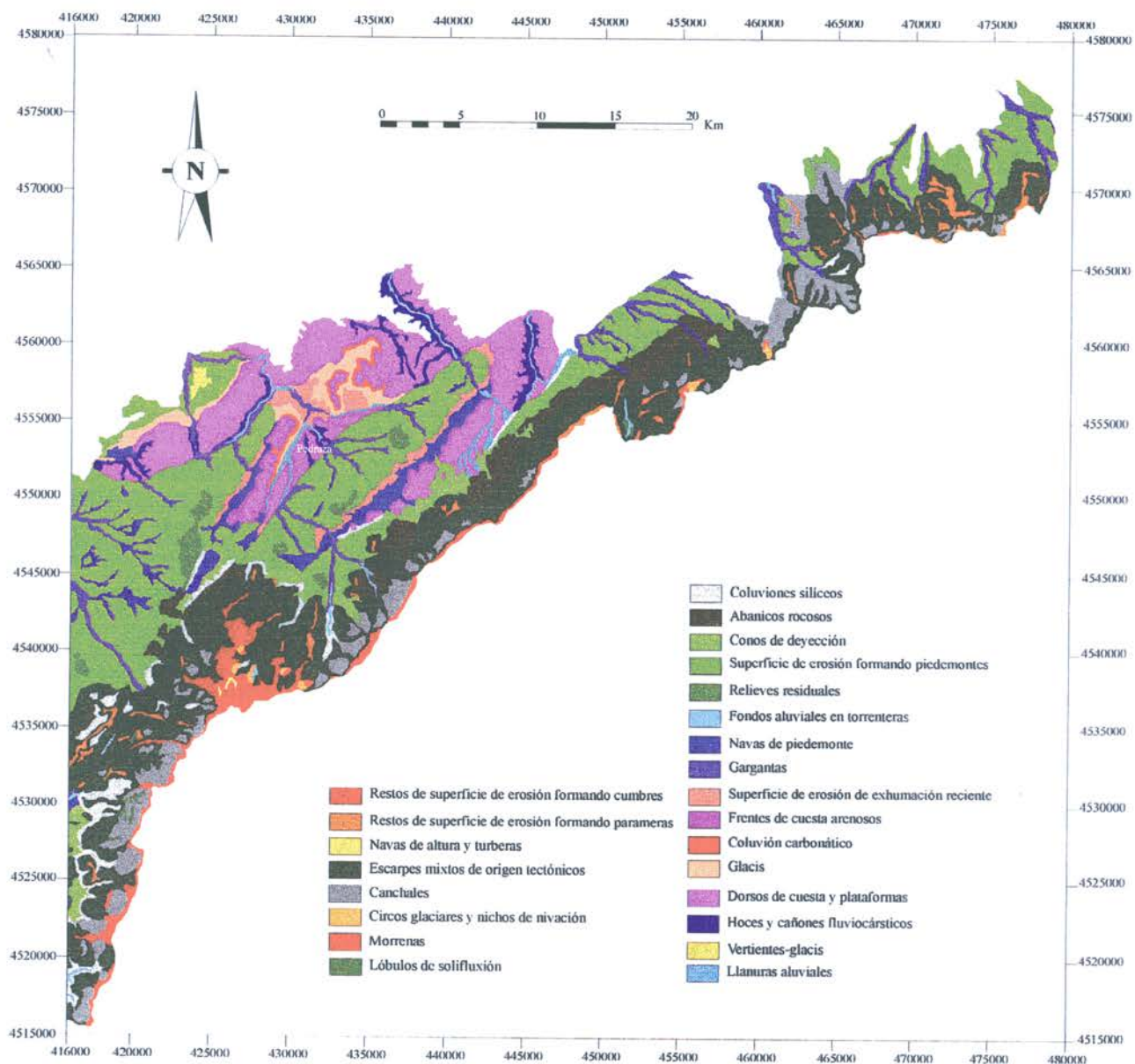


Figura 7.15b. Síntesis a partir del mapa geomorfológico (sector oriental).

- *Restos de superficie de erosión formando parameras y hombreras*

Su génesis es similar a la de la unidad anterior, si bien conservan mejor el carácter de altiplanicie configurando parameras; también pueden quedar como retazos adosados a las dovelas principales (hombreras) o culminaciones de relieves secundarios (cerros).

- *Navas de altura y turberas*

Aparecen como elementos de las laderas, cumbres y parameras. Se asocian con fondos de antiguos circos glaciares (ombligos), cierres morrénicos, o depresiones de erosión nivo-pluvial a favor de franjas de alteración. Presentan una dinámica asociada al periglaciario: aguas de fusión nival, crioturbación, soligelifluxión, etc. Frecuentemente suele aludirse a todas ellas como 'cervunales', 'tollas', 'trampales', etc. por ser lugares con encharcamiento casi continuo; esos procesos favorecen el hidromorfismo y la gleización, y en algunos casos la formación de turberas. La presencia permanente de agua posibilita también la existencia de pequeños hinchamientos periglaciares bajo el suelo (microrrelieves), reflejos en el crecimiento vegetal (montículos herbáceos o césped almohadillado).

- *Escarpes mixtos de origen tectónico*

Asociados genéticamente a grandes fracturas, su configuración se encuentra modificada por los procesos del modelado: fluvio-torrenciales, glaciares, periglaciares y gravitacionales. Por esta razón presentan un recubrimiento coluvionar casi continuo. Forman laderas con trazado rectilíneo y fuerte pendiente, que sirven de enlace entre las diferentes superficies escalonadas. En algunos casos el escarpe es neto y está limpio de recubrimientos, con una fisonomía trapezoidal que se conoce como 'facetado' y denuncia su origen tectónico.

- *Canchales (pedreras)*

Constituye una formación superficial de origen periglaciario (productos de la gelifracción), y su posterior movilización gravitacional y/o soligelifluidal. Está compuesta por un aglomerado de bloques métricos y decimétricos, y en menor proporción grava, sin matriz; en general no tienen estructuración alguna, aunque pueden presentar tendencia a su ordenación. Se distinguen por el afloramiento continuo en superficie de grandes bloques rocosos, que se concentran a favor de vaguadas, corredores de fractura, cabeceras de cuenca de recepción, etc.

- *Circos glaciares y nichos de nivación*

Su génesis se debe a la acción glaciario y periglaciario (acción hielo-deshielo y cobertera nival) en depresiones bien definidas. Constituyen escarpes y acantilados rocosos.

- *Morrenas*

Formación superficial debida a la movilización de derrubios por acción de hielo o nieve en sus

diferentes modalidades, y depositada en acumulaciones de naturaleza conglomerática heterométrica. Constituyen pequeñas colinas en *vallum*, que destacan a modo de resaltes sobre las laderas que las confinan.

- *Lóbulos de solifluxión*

Se deben a movimientos en masa tipo flujo (solifluxión) relacionados con surgencias de aguas subsuperficiales. Constituyen "masas despegadas del sustrato" a modo de lenguas y lóbulos, en cuyo interior aparecen microhinchamientos.

- *Coluviones silíceos*

Formaciones superficiales debidas a la acumulación de material heterogéneo (bloque, canto, grava, etc.) por procesos mixtos de caída, arroyada pluvial o pluvionival, nivación, etc. El material, procedente de las zonas altas de las laderas, se acumula formando taludes de transición entre los escarpes y los fondos de gargantas o los piedemontes.

- *Abanicos rocosos*

Morfologías erosivas 'labradas' sobre el sustrato cristalino del piedemonte, que sólo en ocasiones presenta un cierto recubrimiento aluvial. Su fisonomía es similar a sus equivalentes sedimentarios (en forma de cono, perfil longitudinal cóncavo y transversal convexo), pero con numerosas irregularidades (microrrelieves) por su naturaleza erosiva.

- *Conos de deyección*

Formación superficial compuesta por grandes bloques envueltos en una matriz de grava y arena, y depositadas a la salida de los torrentes a una llanura o piedemonte. Su configuración es semicircular en planta, con un radio de dimensiones variables.

- *Restos de superficie de erosión formando piedemontes*

Se trata de un elemento del paisaje expuesto a controversias en cuanto a su génesis. Dicha superficie ha sido explicada, bien como una superficie de lavado reelaborada en ambiente semiárido, bien como una superficie antigua exhumada. Su fisonomía corresponde a la de una llanura amplia, con abundantes afloramientos rocosos (tors) cuyo origen se asocia a la degradación ejercida por la red fluvial sobre la superficie de erosión.

- *Abanicos de piedemonte-raña*

Formación superficial compuesta por conglomerados de bloques y cantos cuarcíticos, con matriz limoarenosa. Su origen se asocia al de grandes abanicos aluviales procedentes del macizo, en zonas de litologías metamórficas de bajo grado de transformación. Constituyen formas lobuladas y digitadas en planta, sin apenas variación altitudinal en su perfil.

- *Relieves residuales*

Restos procedentes de la elaboración de las distintas superficies de erosión: poligénica precretácica, intraterciaria, de piedemonte finiterciaria, etc. Constituyen formas que destacan sobre las superficies de erosión, por lo que localmente son denominados ‘cabezos’ o ‘cerros’, dada su fisonomía.

- *Fondo aluvial en torrenteras*

Formación sedimentaria de origen torrencial que constituye un depósito heterométrico, con grandes bloques redondeados de rocas ígneas y metamórficas, y matriz de gravas y arenas. Su fisonomía corresponde a llanuras de trazado irregular, circunscritas al fondo de los principales encajamientos tipo ‘garganta’.

- *Navas de piedemonte*

Son zonas planas de decantación y descarga de material de arroyada, que se asocian a fondos excavados sobre la roca alterada del sustrato. Constituyen depresiones, más o menos circulares o alargadas, confinadas en pequeños escarpes y que suelen estar en relación con la red fluvial actual.

- *Gargantas*

Encajamientos fluviales en el dominio de la Sierra y los piedemontes cristalinos, normalmente asociados a la red de fracturas. Dan lugar a valles en forma de ‘uve’ cerrada, con escarpes y taludes subverticales.

- *Superficie de erosión de exhumación reciente*

Se trata de restos de superficies antiguas, que fueron exhumadas muy recientemente por la erosión de la red fluvial desmontando las coberteras cretácicas que aparecen en los fondos de pequeños ‘graben’ del piedemonte y surcos subsecuentes; por este motivo conservan restos de alteritas caolínicas. Su fisonomía es llana e irregular, con escasos resaltes rocosos al estar cubiertos por alteritas.

- *Frentes de cuesta arenosos*

Genéticamente asociados al control litoestructural en el encajamiento de la red sobre los relieves estructurales mesozoicos. Forman ‘cuestas’ s.s., es decir, laderas cortas y pendientes.

- *Coluvión carbonático*

Se deben a procesos gravitacionales ‘mixtos’ (gravitacional-arroyada-periglaciario). Conforman taludes que por lo común enlazan laderas tipo ‘frente de cuesta’ con depresiones subsecuentes, glacis y fondos de valle; también aparecen al pie de cantiles.

- *Glacis de acumulación*

Su génesis se debe a procesos de arroyada que descargan su material al pie de frentes de cuesta arenosos en su enlace con fondos de valle aluviales, aluviales-coluviales y navas. Su fisonomía es de un talud muy tendido que desciende hacia dichos valles.

- *Dorsos de cuesta y plataformas*

Son morfologías asociadas a la superficie de erosión del piedemonte, en este caso elaborada sobre materiales carbonáticos. Su configuración corresponde a la de una ladera tendida, de mayor longitud y menor pendiente que el frente de cuesta.

- *Hoces y cañones fluvicársticos*

Derivan del encajamiento fluvial en los materiales sedimentarios mesozoicos. En su formación, además de los procesos fluviales, han intervenido otros cársticos, gravitacionales y periglaciares. Forman cantiles o escarpes subverticales, con afloramientos rocosos en superficie.

- *Llanuras aluviales*

Formación superficial asociada a los lechos de los cauces mayores actuales, por lo general allí donde se ensanchan los valles. Fisiográficamente constituyen las 'vegas'.

- *Vertientes glacis*

La génesis de esta unidad se debe al encajamiento de la red fluvial sobre materiales sedimentarios cenozoicos. Su fisonomía responde a la de una serie de rellanos sucesivos que descienden suave y progresivamente hacia los fondos aluviales.

7.4.2. Valoración

Partiendo de estas unidades y desde una óptica geomorfológica (ver epígrafe 5.4.4), es posible profundizar en aspectos como riesgos asociados a procesos exógenos, impactos sobre el relieve, potencial edáfico —con múltiples implicaciones ecológicas—, o paisaje.

7.4.2.1. Procesos geomorfológicos actuales y riesgos asociados

La documentación relativa a procesos actuales es escasa para la región; únicamente hay un texto de carácter general dedicado a riesgos naturales (Laín *et al.*, 1991) que trata este problema, y otro específico sobre actividad gravitacional (Díez Herrero y Martín Duque, 1993).

Como primera aproximación al conocimiento de los procesos actuantes en una zona, puede ser útil el análisis climatogenético que aportan los Sistemas de Procesos Climáticos (CPS; Wilson, 1968). Un estudio previo de este tipo (Martín Duque, 1993), también para esta región, permitió obtener una serie de conclusiones que resumimos a continuación:

La *alteración química* es débil-moderada para toda la zona, debido fundamentalmente a la escasez de precipitaciones así como a la existencia de unos factores climáticos contrapuestos que hacen más lentos los procesos de meteorización química.

La *alteración física o mecánica* está ausente o es insignificante en el piedemonte, y débil en los dominios de la Sierra.

Los *movimientos en masa* siguen una misma escala de valores: mínima para el piedemonte y moderada para la Sierra.

La *erosión pluvial*, es máxima, llegando a ser moderada en las zonas altas de la Sierra. La existencia de aguaceros concentrados de carácter más o menos violento posee una acción erosiva importante, capaz de disectar suelos y transportar cargas sólidas. Si además este proceso se encuentra con superficies desprovistas de cubierta vegetal, los procesos llegan a ser en realidad muy efectivos.

La *acción erosiva eólica* presenta unos valores teóricos moderados en el caso del piedemonte, y bajos en el dominio de la Sierra. En realidad, estos procesos no son excesivamente importantes, pero tienen una influencia relativa, favorecida por condicionantes antrópicos como la deforestación o las actividades extractivas.

Hemos de insistir en la generalización de este tipo de clasificaciones. En realidad sirven como una primera aproximación, que en este caso señala los procesos pluviales y fluviales como más efectivos.

A partir de ese estudio, se puede concluir que en el piedemonte existen dos estaciones de funcionamiento subhúmedo (primavera y otoño). Al coincidir las mismas con una parte del periodo vegetativo, retardan la erosión mediante la protección del suelo por un tapiz herbáceo, si bien ésta es considerablemente menor en la estación de otoño. Los procesos dominantes en estos periodos son los fluviales. Por el contrario el riesgo de erosión es máximo en verano, dado que la vegetación herbácea se encuentra ‘agostada’ y las escasas precipitaciones caen en forma de aguaceros concentrados; además es efectiva la acción del viento.

Finalmente, en invierno actúan procesos periglaciares tales como la acción del hielo-deshielo, nivación y solifluxión. La Sierra tiene características próximas al dominio húmedo-templado durante primavera y otoño, periglaciario durante el invierno, y semiárido sólo en un pequeño intervalo de verano.

- Edafogénesis (intemperización)

Estos fenómenos son los mismos que formaron los suelos actuales y parecen tener su origen en el periodo postglaciar Atlántico, en condiciones más húmedas que hoy (García Abril y Canga, 1991); en todo caso, han sido intensamente modificados por la actividad antrópica.

La edafogénesis tiene lugar en prácticamente todas las unidades geomorfológicas, exceptuando aquellas en que la pendiente imposibilita la existencia de suelo, como por ejemplo: canchales, escarpes de circos glaciares y nichos de nivación, gargantas, hoces y cañones fluvicársticos, y frentes de cuesta.

- Procesos gravitacionales

Para su clasificación seguiremos la propuesta de Pedraza *et al.* (1996a), que distingue como tipologías básicas: caída, deslizamiento, flujo y reptación.

* Caídas: tienen lugar sobre todo en la modalidad de desprendimiento y vuelco. Generan escarpes rocosos subverticales, y avalanchas o taludes de derrubios a su pie. Se originan tanto en rocas sedimentarias carbonáticas —a favor del diaclasado y los planos de estratificación— como en litologías cristalinas —a favor del diaclasado—. En abrigos y solaplos se producen también desplomes. Tienen un funcionamiento atenuado, y su ámbito más acentuado se encuentra en: hoces y cañones fluvicársticos, frentes de cuesta, gargantas, y escarpes de circos glaciares y nichos de nivación.

* Deslizamientos: generan cicatrices erosivas y lenguas de material sin compactar, cuya movilización se ve favorecida en muchos casos por la presencia de agua, que empapa los materiales y produce un aumento en su plasticidad. El tipo más común es el rotacional complejo, con coronación a modo de circo, cicatrices secundarias, bloques escalonados, fracturas longitudinales, grietas transversas y crestas o cordones transversales. El tipo traslacional está frecuentemente asociado a zonas de contacto entre litologías areno-arcillosas y carbonáticas, ya que al deslizar las primeras se produce un desplazamiento traslacional en las segundas. Son comunes en los frentes de cuesta arenosos, y en los escarpes mixtos asociados a las laderas de la Sierra.

* Flujo y reptación: movimientos desarrollados a partir de formaciones coluvionares o suelos de cierto espesor, que afectan a la parte más superficial de los mismos en zonas con relativa pendiente. Presentan un funcionamiento estacional, en relación con ciclos de hielo-deshielo o precipitaciones abundantes, y su reflejo más evidente es el crecimiento anómalo de especies vegetales (curvamiento de troncos de árboles). Se encuentran además asociados a deslizamientos y lóbulos de soligelifluxión. Presentan su ámbito de actuación más destacado en las 'laderas de la sierra': escarpes mixtos de origen tectónico, morrenas, lóbulos de solifluxión y coluviones silíceos. Signos de actividad actual de reptación y solifluxión son

observables en cierta magnitud en las laderas de la superficie de Los Pelados, especialmente en el entorno del arroyo de las Pozas.

- Acciones periglaciares

Tal y como ponen de manifiesto trabajos específicos al respecto (Pedraza, 1994c), los procesos periglaciares (hielo-deshielo, solifluxión y arroyada nival), pueden considerarse actualmente muy atenuados, y sólo efectivos en un espacio limitado a cotas por encima de 1.900-2.000 m.

Fränzle (1959), por ejemplo, situó el límite inferior del periglaciario actual (con categoría de piso subnival o alpino) para el ámbito de Guadarrama y Somosierra en torno a los 1.900-2.000 m, nivel a partir del cual existe solifluxión continua. Sanz Herraiz (1988) también considera el umbral de actuación periglaciario en torno a los 1.900-2.000 m, cotas a partir de las cuales existe gelifluxión trabada. Otros trabajos sin embargo (Ibáñez, 1986), creen posible la existencia de fenómenos hielo-deshielo actuales en cotas muy bajas de la Sierra de Ayllón (a menos de 1.000 m).

* Crioclastia por gelifración: las observaciones de campo ponen de manifiesto la existencia de desprendimientos actuales por gelifración en la parte superior de las laderas de la sierra (Peña Berrocosa, por ejemplo). En definitiva, la acción hielo-deshielo es efectiva en las unidades: restos superficie de erosión formando cumbres; restos de superficie de erosión formando parameras y hombreras; navas de altura y turberas; escarpes mixtos de origen tectónico; canchales; circos glaciares y nichos de nivación; y morrenas.

* Arroyada nival: la acción de la arroyada nival se manifiesta activa en las unidades: restos de superficies de erosión formando cumbres; y escarpes mixtos de origen tectónico. Es especialmente activa en la vertiente occidental de Peñalara, como confirma el hecho de que los principales regueros que en ella se desarrollan sean subactuales.

- Procesos fluviales y de arroyada

Sin duda son los procesos más efectivos de cuantos operan en la región, y se deben a la arroyada concentrada y en manto en el dominio de las vertientes, y a las crecidas en el ámbito de las llanuras de inundación.

* Arroyada en manto: en buena parte se trata de procesos inducidos; sin embargo, como demuestra la existencia de extensos mantos de arroyada, conos de deyección, glaciares cuaternarios, etc. (ver mapa geomorfológico), puede considerarse que también son naturales. En general, funcionan a causa de episodios tormentosos y aguaceros concentrados, aunque normalmente favorecidos por la actividades antrópicas, siendo en la práctica muy difícil de discernir qué parte es un proceso natural y qué parte inducido (fotos 7.9 y 7.10). Están muy desarrollados en los glaciares de acumulación y vertientes glaciares.

* Arroyada concentrada: al igual que la tipología anterior, las incisiones lineales (acanaladuras y regueros) y acarcavamientos, podrían tener en gran medida un origen antrópico, por deforestación, roturaciones y actividades extractivas. Sin embargo, su asociación con la evolución más reciente de la red fluvial en toda la región, indica también un origen natural. Tiene su mayor representación en los frentes de cuesta arenosos, con gran incidencia paisajística.

* Crecidas: tienen lugar allí donde los cursos fluviales presentan llanuras inundables. Por este motivo, como riesgo natural puede considerarse de muy escasa incidencia en la Sierra y su piedemonte, donde los ríos presentan valles estrechos en forma de garganta. Este fenómeno empieza a ser notorio cuando los principales ríos amplían sus cauces en los dominios de la cobertera mesozoica del piedemonte. Algunos como el Eresma, cuentan con abundantes datos históricos referidos a inundaciones recurrentes, cuyos efectos han sido con frecuencia catastróficos en el entorno de la ciudad de Segovia (ver Cortázar, 1891; y Díez Herrero y Martín Duque, 1993b). Otro sector inundado con frecuencia es la llanura que configura el río Cega entre las localidades de Valle de San Pedro y La Velilla (foto 7.11).

- Síntesis: Incidencia de los procesos actuales

Los procesos geomorfológicos con mayor incidencia en todo el sector estudiado son los de arroyada en el dominio de las vertientes, sobre todo a expensas de litologías arenosas, arcillosas y margosas.

El origen 'natural' o 'inducido' de estos procesos erosivos, es difícil de discernir: junto a signos inequívocos de erosión natural por descenso del nivel de base de los principales ríos de la región, aparece también la asociación de estos fenómenos con actividades de deforestación o minería.

Los riesgos naturales derivados de procesos geomorfológicos activos, tienen escasa relevancia en el entorno estudiado. Entre todos ellos son preponderantes las avenidas, sobre todo en el dominio de los cañones fluvicársticos.

La colonización de forma natural de extensas superficies abandonadas al cultivo, permite suponer que, de mantenerse de las condiciones climáticas actuales y de no intervención antrópica, los procesos 'biostásicos' dominarán claramente sobre los 'reexistásicos'; es decir, existe un predominio de la edafogénesis con respecto a la morfogénesis. Este último proceso, si bien no está tan marcado como en el periodo Atlántico, facilita abordar trabajos de recuperación de los suelos.

En definitiva, la actividad morfogenética natural puede considerarse atenuada en la actualidad y favorable a los procesos de edafogénesis y colonización vegetal.

7.4.2.2. *Influencia antrópica en la morfogénesis*

En el orden histórico de los acontecimientos para la región, la dinámica impuesta por las actividades antrópicas interfiere con los procesos morfogenéticos actuales que, a su vez, vienen a sustituir a otros antiguos. Como ya se mencionó en el epígrafe 5.4.4, esa interferencia puede ser directa o indirecta.

- Acciones indirectas. Procesos geomorfológicos inducidos

Se trata de fenómenos geomorfológicos ‘naturales’ modificados en su ocurrencia, ritmo o intensidad debido a la acción antrópica. Los más comunes son:

** Erosión del suelo*

La roturación y sobrepastoreo, en buena medida son los responsables de numerosas morfologías erosivas existentes en todo el área; en especial, en las vertientes-glacis y frentes de cuesta arenosos. La tipología de esos procesos es la arroyada en manto (difusa) y concentrada, generando acanaladuras, regueros y cárcavas. La mayor parte de las cabeceras de cárcavas presentan retroceso activo, con un funcionamiento asociado a lluvias excepcionales (foto 7.10). Un ejemplo muy significativo aparece en la ermita de Nuestra Señora de las Vegas (Requijada, Santiuste de Pedraza) construida a comienzos del siglo XII; en 1970, fecha en la que se inician una serie de labores de restauración en la misma, se encontraba enterrada bajo 108 cm de arenas que formaban un glacis al pie de la ladera situada al noroeste de la ermita (Moreno Sanz, 1989).

** Fenómenos gravitacionales*

Normalmente son activos en escarpes de frentes de cuesta y laderas de plataformas estructurales debido, sobre todo, a prácticas mineras y aperturas de vías de comunicación. El hecho de que estén desencadenados de manera inducida, hace que su interacción con la actividad humana sea mayor y por tanto también el riesgo. Las tipologías más comunes son caídas y deslizamientos; las caídas se producen en prácticamente todas sus modalidades (desprendimiento, desplome, vuelco); los deslizamientos son rotacionales y traslacionales.

Díez Herrero y Martín Duque (1993a) analizaron los procesos gravitacionales en el entorno de la ciudad de Segovia, espacio de toda la vertiente septentrional de la Sierra en el que tienen mayor incidencia. Para la elaboración de un modelo de susceptibilidad se siguió un procedimiento paramétrico (ordenación-valoración-poderación y agregación-superposición; ver tabla 5.8, pág. 128).

Por su interferencia con el espacio construido de la ciudad, en este caso llegan a tener relativa importancia los daños ocasionados, habiendo provocado graves afecciones a instalaciones industriales y vías de comunicación (foto 7.12).

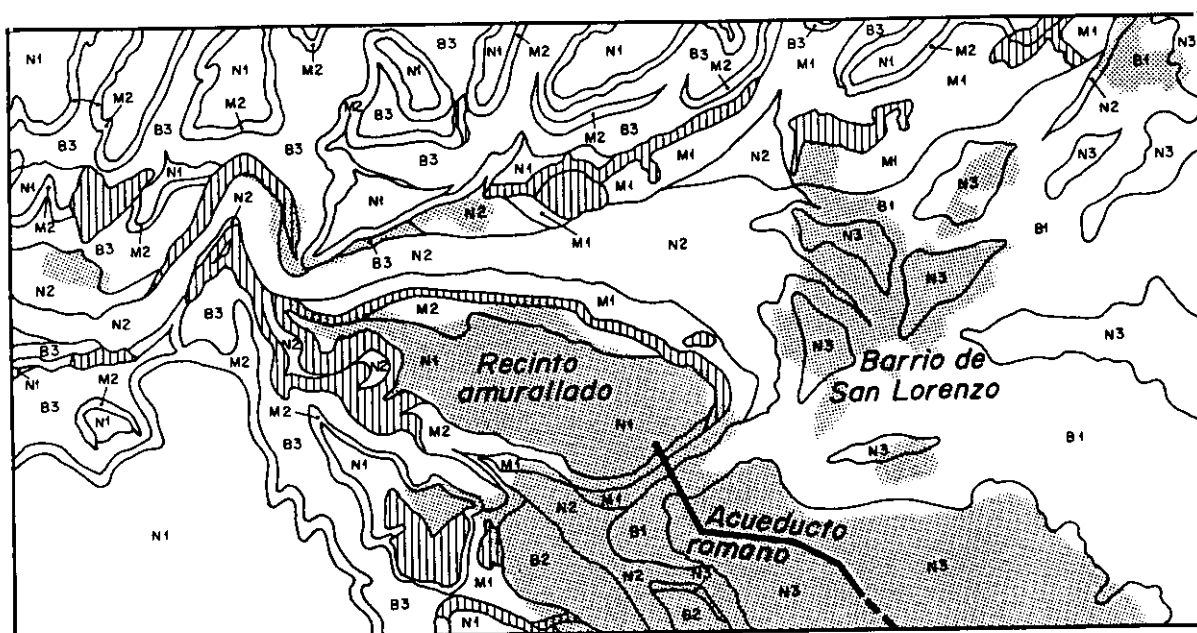


Figura 7.16. Clasificación de elementos del relieve según su grado de susceptibilidad-peligrosidad a producir movimientos gravitacionales, e interferencia con el espacio construido de la ciudad de Segovia, constituyendo riesgos. Según Díez Herrero y Martín Duque (1993a; en Pedraza et al., 1996a). Leyenda: área construida (punteado); susceptibilidad alta, áreas con fenómenos actuales o subactuales (rayado); susceptibilidad media (M1 en rocas detríticas, M2 en carbonáticas); susceptibilidad baja (B1 en materiales ígneos y metamórficos, B2 en rocas detríticas, B3 en carbonáticas); susceptibilidad nula (N1 en rocas carbonáticas, N2 en fondos de valle, N3 en rocas ígneas y metamórficas). Escala 1:18.000.

- Acciones directas. El hombre como agente geomorfológico

Siguiendo a Alexandrowicz (1983), clasificaremos las morfologías de origen antrópico tal como aparecen en la tabla 7.3.

Tabla 7.3. Formas del relieve de origen antrópico en la región estudiada.

Anulación del relieve original	Denudación (degradación)	Acumulación (agradación)	Remodelación (deformación)
Núcleos urbanos	Frente de explotación minera	Escombrera	Aterrazamientos forestales
Carreteras	Plaza de explotación minera	Vertedero	Bancales agrícolas
Ferrocarriles	Gravera	Terraplén	Roturaciones (arado)
	Taludes en vías de comunicación	Relleno	Superficie remodelada
	Préstamos		
	Excavación		

* Anulación del relieve original

Suponen una modificación total de la configuración morfológica originaria y de su dinámica, quedando como terrenos normalmente 'inertes' desde un punto de vista geodáfico; es el caso de:

- Urbanización. Implican trabajos de cimentación y pavimentación, con modificación de los 2-6 metros superiores de la superficie y total impermeabilización.

- Carreteras. Pavimentación de superficies previamente remodeladas, que suponen también una anulación de la dinámica geomorfológica y edáfica, y su impermeabilización. Sus efectos perduran durante largo tiempo, pues con demasiada frecuencia permanecen pavimentadas cuando se abandonan; éste es el caso de numerosos 'restos' de antiguos trazados de carretera en todo el espacio estudiado. El efecto acumulado de estas estructuras lineales origina una ocupación de espacio considerable, sobre todo en el caso de las autovías.

*** Formas de denudación o erosión (degradación)**

Asociadas más frecuentemente a actividades extractivas y obras públicas; se trata de vaciados a modo de los que podría originar cualquier proceso geomorfológico catalogado como 'eficiente' desde un punto de vista erosivo (glaciar, fluvial). Así aparecen:

- Frente y plaza de explotación minera. Corresponden sobre todo a canteras de arenas silíceas y arcillas en materiales de edad Cretácico Superior. Los frentes de explotación minera configuran escarpes, en general subparalelos a la dirección de las laderas, formando taludes longitudinales y subverticales. Las plazas consisten en superficies irregulares, de pendiente subhorizontal, delimitadas entre los frentes de explotación y las escombreras de estériles.

- Taludes en vías de comunicación. Generan escarpes con pendientes elevadas y rocas del sustrato expuestas en superficie; esto induce procesos erosivos en regueros, acanaladuras, y movimientos gravitacionales. Introduce además efectos barrera en las aguas superficiales, y alteración en la dinámica de los flujos subsuperficiales dando lugar a la aparición de especies freatofitas.

- Préstamos. Áreas de extracción de materiales para la construcción de terraplenes y pedraplenes en obras públicas, que originan pequeños vaciados. Se trata de actuaciones sin ningún tipo de ordenación ni medida restauradora. Son frecuentes en las inmediaciones de las carreteras N-110 y N-603.

*** Formas de deposición o sedimentación (agradación)**

Pueden catalogarse como auténticas 'formaciones superficiales' (ver foto 7.13), en tanto se trata de materiales detríticos asociados a procesos exógenos recientes (antrópicos en este caso), que presentan una consolidación deficiente y tienen un espesor relativo escaso en comparación con el resto de las formaciones geológicas. En la mayor parte de los casos son de carácter alóctono, pues derivan de un transporte del conjunto de la masa, así:

- Escombreras y diques de estériles. Frecuentes en el entorno de antiguas explotaciones de arenas silíceas y arcillas refractarias. Aparecen dispuestos de forma anárquica, bien en la

plaza, bien adosados a los antiguos frentes de explotación. En general se trata de escombreras de muy diversos tamaños, con pendientes que oscilan entre 25 y 50 %, y de textura es arenosa o arcillosa según el tipo de explotación. Su escasa compactación y elevada pendiente las hace susceptibles de erosionarse, y producir sedimentación en su entorno; también de generar movimientos gravitacionales.

- Terraplenes y pedraplenes. Rellenos debidos a la construcción de obras públicas; modifican el relieve original y los procesos naturales de escorrenría. Son susceptibles a su vez de erosionarse y sufrir movimientos gravitacionales.

- Vertederos. Acumulaciones de residuos sólidos urbanos, a modo de escombreras. Su disposición es anárquica, con frecuencia rellenando antiguas canteras abandonadas. Son comunes en las proximidades de los núcleos construidos y su influencia en el relieve es notoria. El vertedero municipal de Segovia, por ejemplo, ha colmatado por sí solo un valle afluente del río Eresma; incluso lo ha superado, transformando un 'relieve negativo' (valle) en otro 'positivo' (cerro o colina).

* Formas de remodelado (deformación)

Desde una perspectiva geomorfológica serían asimilables a los procesos que originan una removilización del sustrato (eólicos, acción del oleaje), ya que en realidad originan un 'trasiego' de materiales (arado por ejemplo); también a los periglaciares y gravitacionales (aterrazamientos, bancales, etc.); así:

- Aterrazamientos forestales. Configuración escalonada, a modo de 'terracetas'. Producen una profunda alteración del relieve y del suelo, modificando a su vez los procesos geomórficos y edáficos. Son frecuentes en toda la sierra; los más recientes se ubican en las inmediaciones del Puerto de Malagosto y Siete Arroyos.

- Bancales agrícolas. Modificación del perfil original de las vertientes, al objeto de reducir la pendiente y poder cultivar (foto 7.14). Se han desarrollado sobre todo en las laderas de frentes de cuesta arenosos, y en menor medida, en las partes basales de las laderas serranas (Prádena, Arcones, Gallegos, Matabuena) sobre formaciones superficiales de abanicos rocosos y coluviones. Tienen un origen antiguo y, tras el abandono de su utilización y mantenimiento, se detecta una tendencia a configurar laderas más próximas a su perfil natural; estos sistemas geomorfológicos son proclives a la 'autorregulación', lo cual se manifiesta mediante derrumbamientos, deslizamientos, caídas, etc., de bloques y vallas.



Foto 7.9. Regueros de erosión y zonas de acumulación en tierras de cultivo. Tejadilla (Segovia).



Foto 7.10. Cono de deyección tras un episodio tormentoso. Orejana.



Foto 7.11. Fenómenos de avulsión en la llanura del río Cega. La Velilla (Pedraza).

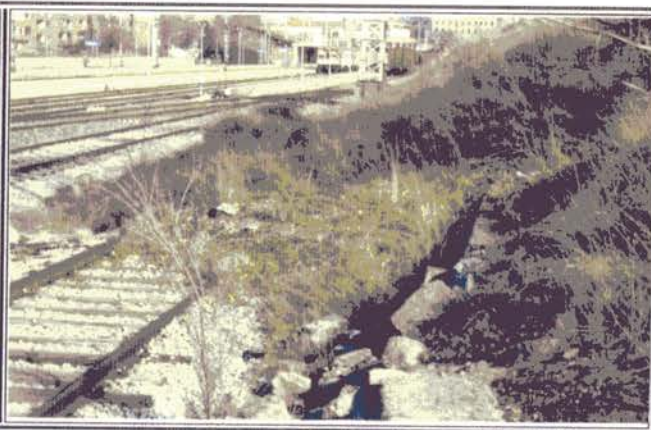


Foto 7.12. Lengua de deslizamiento rotacional. Estación de ferrocarril de Segovia.



Foto 7.13. Formación superficial de origen antrópico (tonos amarillos, parte superior), superpuesta a un suelo original (tonos oscuros).



Foto 7.14. Remodelado de la superficie del terreno. Bancales agrícolas para cultivo en frentes de cuesta. La Higuera.

- Roturaciones. La práctica de arado en tierras agrícolas altera profundamente los perfiles edáficos, produciendo un movimiento de cantidades enormes de material, y dando origen a un 'regolito' removilizado que, en cierto modo, sería clasificable como una formación superficial paraautóctona. Ésta es su consecuencia directa, ya que indirectamente originan un importante aumento en la escorrentía y en la producción de sedimentos, con la inversión de horizontes edáficos.
- Superficie remodelada. Se incluyen bajo este epígrafe una serie de 'remodelados' antrópicos, cuyo origen es muy diverso: explanaciones, actividades extractivas puntuales, caminos, etc.

7.4.2.3. Eficacia morfogenética

Basados en un ensayo de cuantificación sobre la eficacia geomorfológica de las acciones antrópicas realizado por Hooke (1994), llevamos a cabo una estimación similar referida al conjunto de la provincia de Segovia.

A la hora de confrontar los balances geomorfológicos antrópico y natural, es preciso tener en cuenta las tres categorías de procesos descritas hasta aquí: geomorfológicos naturales (potenciales), geomorfológicos naturales pero inducidos por acción antrópica, y geomorfológicos de origen antrópico (directos).

- Balance de los procesos geomorfológicos naturales

Los más efectivos, y casi exclusivos, tienen un origen pluvio-fluvial. Al carecer de cualquier dato cuantitativo sobre las tasas de emisión de materiales de fondo, arrastre o suspensión a nivel provincial, es imposible estimar la cuantía de los procesos en función de los caudales. Así pues, se recurre a dividir la acción geomórfica pluvio-fluvial en las dos fases clásicas recogidas por la literatura: escorrentía en ladera, y fase canalizada.

* Escorrentía en las laderas

Se caracteriza por ser fundamentalmente erosiva; su estimación, a falta de medidas directas, se realiza mediante dos fórmulas empíricas clásicas: Fournier (1960) y USLE (Wischmeier y Smith, 1958).

Para que el dato obtenido fuera más representativo, en el primer caso se dividió la provincia en dos zonas homogéneas (sierra y meseta), a las que se asignaron valores del factor de Fournier (p^2/P) de 40 y 25. Como en ninguno de los dos casos el coeficiente orográfico superaba el valor de 6, se consideró la ecuación simplificada propuesta por Fournier $Y=27,12(p^2/P)-475,4$. La suma de los resultados de su aplicación otorga un valor para el conjunto provincial de 1.986.868 t/año.

Por su sencillez, esta formulación no puede ser tomada en cuenta si no es a título orientativo, ya que los parámetros no consideran factores tan importantes como la cubierta vegetal o los tipos de suelos/sustratos; además, las cifras utilizadas son simplemente medias aritméticas, pudiendo no ser verdaderamente representativas de las zonas.

Para el cálculo de la erosión por la USLE, se han considerado dos zonas semejantes a las anteriormente señaladas; los valores de los diversos parámetros de la ecuación son: $R=114,73$ y $60,25$; $K=2,717$ y $5,928$; $LS=6$ y $0,3$; para sierra y meseta respectivamente.

Mención especial merecen los parámetros P y C : el primero, al considerarse una cubierta potencial del 50 % de arbolado desarrollado, adopta un valor medio de $0,01$; el segundo, $0,3$ para la sierra y $0,25$ para la meseta. El resultado medio a nivel provincial supone $2.787.889$ t/año.

* Fase canalizada

Se caracteriza por una mezcla de acciones erosivas y sedimentarias, ambas con reflejo morfológico. La evaluación para la primera obvia la acción removilizadora de los aportes desde las laderas, y se centra en los procesos de incisión lineal y migración lateral aguas abajo de los trenes de meandros.

En los principales ríos segovianos de la Meseta, la incisión lineal en su llanura de inundación holocena es de dos metros de media en la vertical y cinco de anchura; si extrapolamos esos valores a los 350 km de cauces principales en toda la provincia, obtenemos unos $3,5 \times 10^6$ m³; considerando una densidad media de 2 gr/cm³ para el material erosionado, el material movilizado ha sido del orden de 700 t/año (media desde el Tardiglaciario hasta la actualidad). De menor orden es, si cabe, la incisión lineal de los ríos sobre sustrato ígneo-metamórfico, y estimable únicamente en pequeños canales de 2×3 m; aquí la densidad del material es de $2,3$ gr/cm³, y totalizaría apenas 55 t/año.

Si consideramos la tasa media de migración de meandro propuesta por Rohrer (1982; en Hooke, *op. cit.*) de $0,2$ m/año, y los aproximadamente 150 km de cauces meandriformes de la provincia, con una altura de banco de $1,5$ m, el material movilizado anualmente es de 45.000 m³; o lo que es lo mismo, con una densidad de 2 gr/cm³, unas 90.000 t/año.

En cuanto a la sedimentación, ha generado desde el Tardiglaciario tan sólo una pequeña parte de la actual llanura de inundación. Si se consideran los 150 km de cauces con llanura desarrollada, una anchura media de 50 m, y un espesor de depósitos de 3 m, obtenemos volúmenes de $22.500.000$ m³ que, suponiendo la misma densidad que para el caso anterior, se convierten en 4.500 t/año.

* Carstificación

Uno de los procesos que presentan actividad actual es la meteorización de rocas carbonáticas por carstificación. Para su estimación se utiliza el valor de bicarbonatos disueltos en los ríos segovianos (100 mg/l); multiplicada esa cantidad por la aportación media anual de los ríos provinciales, estimada en 700 hm³, supone una removilización media de apenas 70.000 t/año.

- Balance de los procesos inducidos

Se deben casi exclusivamente a la erosión inducida por prácticas agrosilvopastoriles. Al igual que en el apartado referido a la escorrentía en las laderas, se procede según la fórmula de la USLE (Wischmeier y Smith, 1958), esta vez los valores de C son: 0,16 para la meseta, y 0,002 para la sierra. El resultado obtenido en este caso fue de 6.965.801 t/año. Restándole el valor correspondiente a la situación potencial, obtenemos otro medio debido a procesos inducidos por deforestación y cambios de uso de 4.177.912 t/año.

- Balance de la actividad antrópica directa

La cuantificación del material movilizado por estas acciones, se ha llevado a cabo para actividades que producen verdadera 'movilización' del material; es decir: minería, obra pública y urbanización.

* Actividad minera

En el año 1995, este sector realizó un movimiento de tierras en toda la provincia de Segovia de 6×10^6 t brutas (Delegación Territorial de la Consejería de Economía, Junta de Castilla y León, 1996); dato que puede estimarse como media anual representativa de los últimos años. De esa cantidad, casi el 80 % procede de arenas silíceas y arcosas, el 10 % de arcillas refractarias, y el 10 % restante de rocas ornamentales. Para nuestros objetivos, es necesario tener en cuenta que dicha cantidad está infravalorada en tanto corresponde a datos oficiales; es obvio que existen numerosas explotaciones no legalizadas, y otras cuya volumen de explotación declarado está por debajo de la producción real.

* Carreteras

Los datos referidos a carreteras son difíciles de traducir a medias anuales, dado que la construcción de estas obras es muy irregular en el tiempo. A pesar de esa limitación, es posible también realizar medias aproximativas, que nos acerque a órdenes de magnitud.

La provincia de Segovia está surcada actualmente por 2.363,337 km de carreteras, de los cuales 1.235,1 pertenecen a la red provincial (Departamento de Infraestructuras y Obras, Diputación Provincial de Segovia, 1996), 849 km a la red comarcal o autonómica (Dirección General de Transportes y Carreteras, Junta de Castilla y León, 1996), y 279,23 a la red nacional (Demarcación de Carreteras del Estado en Segovia, 1996). Para su estimación, es

preciso separar las autovías y autopistas, de lo que denominaremos 'carreteras menores'. Del total señalado, 86,171 km corresponden a las primeras, y 2.277,166 a las segundas.

Asumiendo que las transformaciones más importantes en las carreteras menores se ha realizado en los últimos 70 años, tenemos un promedio de obras en 32,53 km al año; estimando que el volumen de tierra movilizado por kilómetro (incluidos todos los arreglos, ensanchamientos, etc. ocurridos durante ese periodo) es de 10.000 m³ (Luis Polo, Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas, com. pers.), y que la densidad del material es de 2 t/m³, tenemos que el total movilizado es de $0,65 \times 10^6$ t/año.

Para la estimación referida a autopistas y autovías, se considera que éstas se han realizado en los últimos 30 años (construcción del túnel de Guadarrama), lo que da una media de 2,87 km de autovía por año. Teniendo en cuenta que el volumen medio de material movilizado por kilómetro de autovía se aproxima a la cifra de 50.000 m³ (Luis Polo, Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Minas, com. pers.), y tomando la densidad media habitual de 2 t/m³, obtenemos un movimiento de tierras de $0,287 \times 10^6$ t/año.

Para nuestro razonamiento es preciso tener en cuenta dos aspectos: buena parte de las carreteras menores son transformaciones de caminos históricos, por lo que el volumen de material cuantificado previsiblemente sea menor; parte del material estimado ha sido ya 'contabilizado' en la actividad minera, y de nuevo las cifras obtenidas deben ser menores.

* Urbanización

Según las series estadísticas sobre obras de edificación en España, elaboradas por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, en colaboración con los Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos (MOPTMA, 1991), la superficie total construida en la provincia de Segovia en el año 1995 fue de 177.306,15 m² (17,73 ha); de ellos, 99.267 m² en la capital y 171.099 m² en la provincia.

Estimando que los edificios en la capital utilizan en su práctica totalidad los 6 m que permite el Plan General para garajes (Manuel Marcos, Ayuntamiento de Segovia, com. pers.), el movimiento de tierras en la ciudad es de 595.602 m³; por contra, se puede convenir que las viviendas en el medio rural hacen uso de una media de 2 m de profundidad en la cimentación, por cuanto el material movilizado en este caso se aproxima a los 342.198 m³. A partir del volumen total, 937.800 m³, y considerando de nuevo una densidad de 2 t/m³, el proceso de urbanización movió en el año 1995 unas $1,875 \times 10^6$ t para todo el conjunto provincial, dato que tomamos como media anual representativa del periodo reciente.

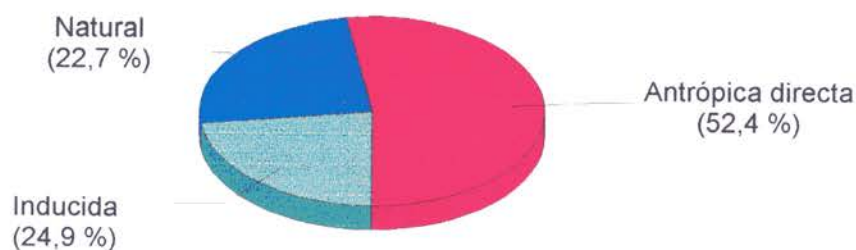
Para nuestro razonamiento, es preciso tener en cuenta que previsiblemente estos datos ofrecen resultados 'a la baja', en tanto es frecuente la construcción o rehabilitación de viviendas sin proyecto que no pasan a formar parte de los datos oficiales estadísticos.

Tabla 7.4. Comparación cuantitativa entre el material movilizado en la provincia de Segovia por la acción geomorfológica potencial, acción geomorfológica inducida, y acción geomorfológica antrópica (directa).

AGENTE	MATERIAL MOVILIZADO (t/año)
Acción geomorfológica natural (potencial)	
- Carstificación	0,07 x 10 ⁶
- Escorrentía en laderas	2,788 x 10 ⁶
- Fase canalizada en lechos fluviales	0,952 x 10 ⁶
Acción geomorfológica inducida por actividades antrópicas	
- Erosión inducida (escorrentía en laderas)	4,178 x 10 ⁶
Acción geomorfológica antrópica (directa)	
- Minería	6 x 10 ⁶
- Cimentaciones para viviendas	1,875 x 10 ⁶
- Carreteras	0,937 x 10 ⁶

ACTIVIDAD GEOMORFOLÓGICA ACTUAL (PROVINCIA DE SEGOVIA)

Balance total



Tipología de las acciones

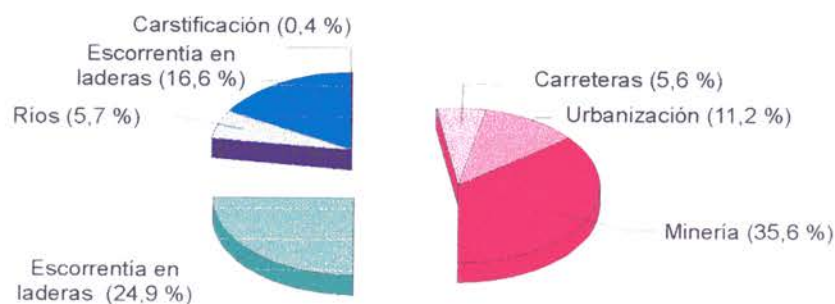


Figura 7.17. Actividad geomorfológica actual en la provincia de Segovia, referida a cantidad de material movilizado. Cuantificación total, y subdivisión por tipos.

- Síntesis

Aunque debe extremarse la prudencia debido a la falta de fiabilidad en los datos de partida y su método de reconversión y en especial por el grado de generalización utilizado en la cuantificación de la USLE, a partir de los órdenes de magnitud absolutos es posible hacer una serie de reflexiones; así:

- 1 - En el peor de los supuestos, la cantidad movilizada 'directamente' por acción antrópica es superior a la estimada para los agentes geomorfológicos (incluyendo las acciones inducidas).
- 2 - Esto sucede en una provincia como Segovia, que tiene una de las densidades de población más bajas del conjunto del Estado Español. Por tanto, es de suponer que en otros territorios del Estado los datos serían muy superiores. Por ejemplo, en la Comunidad de Madrid (MOPTMA, 1996) se construyeron 959,42 hectáreas en el año 1995 (más o menos 2,62 hectáreas al día), es decir: 54 veces más que en la provincia de Segovia; dicha relación conserva *grosso modo* el orden de magnitud referido a las poblaciones de ambas provincias.
- 3 - La influencia social sobre el medio está creciendo notablemente en países como España, por ello cabe asegurar que irá en aumento la 'efectividad geomorfológica antrópica'. Por poner un simple ejemplo, el abastecimiento de rocas industriales a la Comunidad de Madrid por parte de la provincia de Segovia (arenas silíceas y arcillas refractarias), previsiblemente se intensificará en un futuro dados los conflictos que genera la excesiva demanda de suelo en la autonomía madrileña.
- 4 - En esa estimación no se han tenido en cuenta otro tipo de actividades que implican únicamente 'removilización' del material, como el que se produce en tierras de cultivo por la acción del arado, cuya consideración dispararía todo tipo de comparaciones. Así, citando un ejemplo simple al respecto, digamos que la superficie media anual cultivada en la provincia de Segovia es de 694.890 ha (Consejería de Agricultura, Junta de Castilla y León, 1996); estimando que la profundidad normal del arado es de 30 cm, la cantidad de tierra removilizada es de $2,08 \times 10^9 \text{ m}^3$; de nuevo teniendo en cuenta una densidad de 2 t/m^3 , la cantidad de material que sufre removilización es por tanto de $4,169 \times 10^9 \text{ t/año}$. Como vemos este dato supera todas las comparaciones realizadas. Por otro lado, es preciso tener en cuenta que es este material es el que arrastra la escorrentía en las vertientes, contribuyendo a la cifra estimada de $4,178 \times 10^6 \text{ t/año}$ de erosión inducida.
- 5 - Sin considerar las acciones indirectas de removilización (punto 4), la minería es la que mueve mayor volumen de material.

En definitiva, resumiremos diciendo que la actividad antrópica constituye el agente y proceso geomorfológico más importante de cuantos concurren actualmente en la zona estudiada. Desde esta perspectiva, la dinámica antrópica puede considerarse continuación y superposición

(sustitución en muchos casos) de la geomorfológica natural.

Las prácticas históricas de carácter agrosilvopastoril básicamente afectaron a la cubierta vegetal originaria, modificando las pautas y umbrales de escorrenfía. Han influido además en la variación de las características edáficas originales, mediante el cambio en el aporte de materia orgánica y otros nutrientes, variación del régimen hídrico, compactación, incluso anisotropización de los perfiles; en este caso, han variado sobre todo los suelos de melojares y encinares (tierras pardas o cambisoles) de la parte más baja de las laderas en su enlace con el piedemonte: paso de cambisoles a leptosoles; de horizontes húmicos a ócricos, etc.

A su vez las actividades extractivas están induciendo movimientos gravitacionales y procesos erosivos de notable importancia; también destacan los efectos inducidos sobre los sistemas geomorfológicos por la urbanización y las obras públicas.

Por todo ello, es posible concluir que la influencia ejercida actualmente la acción antrópica sobre el medio (impactos o efectos), es mayor que la del medio sobre la actividad humana (riesgos); de hecho, los riesgos únicamente alcanzan cierta entidad cuando son inducidos por actividades antrópicas.

En suma: los denominados 'procesos naturales' han dejado de existir como tales en amplias zonas del piedemonte, y quedan normalmente circunscritos al dominio de los macizos montañosos s.s. y a los cursos fluviales principales. En todo caso, este dato habrá de evaluarse en un contexto temporal, pues la acción humana se ajusta a una escala 'rápida', 'selectiva' e 'irregular', mientras la natural es en principio 'lenta', 'persistente' y 'constante'.

7.4.2.4. Potencialidad edáfica

Tanto la naturaleza del terreno como la configuración geomorfológica esquematizadas en la descripción de estos elementos (ver figura 7.15), intervienen como factores genéticos de primera magnitud en la formación del suelo (factores geoedáficos). Aunque definen una potencialidad edáfica no son suficientes para determinar el tipo de suelo, ya que en la formación del mismo concurren también la vegetación y el clima. Haciendo una aproximación a dicha potencialidad, encontramos dentro de cada elemento unas 'tendencias' que pasamos a describir:

- *Restos de superficie de erosión formando cumbres:* en base a los atributos derivados de su génesis (alteritas residuales, sustratos rocosos, y posición fisiográfica), los suelos potenciales de esta unidad son leptosoles líticos.
- *Restos de superficie de erosión formando parameras y hombreras:* por sus condicionantes fisiográficos presentan drenajes dificultosos que desarrollan propiedades hidromorfas; potencialmente posibilitan la existencia de cambisoles húmicos y gleicos.

- *Navas de altura y turberas:* el hidromorfismo y la gleización favorecen la formación ocasional de turberas. Desarrollan histosoles dístricos con carácter fíbrico.
- *Escarpes mixtos asociados a líneas de falla:* las características morfogenéticas y fisiográficas condicionan la existencia de cambisoles y leptosoles de propiedades háplicas y líticas.
- *Canchales:* los afloramientos rocosos en superficie imposibilitan la formación de suelo, salvo que estén estabilizados y se inicie un proceso de desagregación mecánica microgranular que conduce a leptosoles líticos.
- *Circos glaciares y nichos de nivación:* de nuevo constituyen afloramientos rocosos casi continuos en superficie, y por tanto poco aptos para la formación de suelo.
- *Morrenas:* por su textura arenosa, composición ácida, y reciente instalación, los suelos aquí, son de tipo cambisol.
- *Lóbulos de solifluxión:* las condiciones de drenaje y material fino, condicionan la instalación de cambisoles gleicos, e histosoles.
- *Coluviones silíceos:* como zonas de acumulación de materiales exportados del resto de la ladera, desarrollan suelos poco profundos (cambisoles); en los tramos inferiores del talud de coluvionamiento, la mayor abundancia de finos y menor pendiente pueden condicionar la aparición de suelos más profundos, tipo luvisoles.
- *Abanicos rocosos:* en estos casos la pendiente favorece la instalación del suelo, si bien depende del estado de alteración que presente la roca; en todo caso, desarrollan cambisoles, y localmente leptosoles.
- *Conos de deyección:* su litología es de composición ácida, textura arenosa y abundante material fino; han sufrido frecuentes procesos de inundación, sobre todo en las zonas más alejadas del ápice, lo que permite el desarrollo de cambisoles húmicos, incluso fluvisoles.
- *Restos de superficie de erosión formando piedemontes:* las características geomorfológicas (pendiente), el grado de alteración del sustrato y la composición del mismo, ofrecen una potencialidad para formar cambisoles y leptosoles.
- *Abanicos de piedemonte-raña:* por su morfología, textura y alteración, los suelos que aparecen aquí son alisoles gleicos, o planosoles dístricos.
- *Relieves residuales:* dada su mayor pendiente, la existencia de horizontes cámbicos presenta dificultades, y por tanto los suelos potenciales corresponden a leptosoles húmicos y líticos.
- *Fondo aluvial en torrenteras:* las características de la formación superficial (aluviones y frecuentes avenidas) dan origen a suelos muy poco evolucionados tipo fluvisoles eútricos.

- *Navas de piedemonte*: por su carácter semiendorreico, a veces simples encharcamientos, son frecuentes en ellas los hidromorfismos con tendencia a la gleización; también es importante el contenido en materia orgánica. Desarrollan por tanto suelos de características hidromorfas o gleicas; en concreto, cambisoles gleicos.
- *Gargantas*: la frecuente aparición de roca en superficie limita la formación de suelos, y únicamente cabe definir en su dominio leptosoles líticos.
- *Superficie de erosión de exhumación reciente*: la aparición en superficie de zócalos alterados (alteritas precretácicas caolinizadas) y la morfología (surcos subsecuentes), condicionan suelos profundos tipo cambisoles húmicos y gleicos. En las zonas afectadas por degradación, o con mayor pendiente, aparecen suelos poco desarrollados tipo leptosol úmbrico o dístrico.
- *Frentes de cuesta arenosos*: su base litológica corresponde a arenas, y en menor proporción a limos y arcillas. Cuando existe predominio de las primeras los suelos son delgados y de textura arenosa, mientras los limos y arcillas dan texturas arcillosas; en ambos casos, la composición es ácida. Con estas características, los suelos corresponden a arenosoles álbicos (sobre arenas) y cámbicos (sobre arcillas).
- *Coluvión carbonático*: la textura de la formación es limo-arcillosa y la composición carbonática, al estar formados a expensas de rocas dolomíticas. Los suelos corresponden entonces a leptosoles rendsénicos.
- *Glacis de acumulación*: la textura de la formación superficial es arenosa, y la composición ácida. Esas propiedades, junto a la escasa pendiente que favorece los procesos de iluviación, conducen a suelos tipo arenosoles lúvicos.
- *Dorsos de cuesta y plataformas*: la alteración de litologías carbonáticas produce un regolito de textura limo-arcillosa y composición carbonática. En base a esas propiedades, los suelos climácicos corresponden a calcisoles háplicos y cambisoles calcáricos; en zonas de mayor pendiente aparecen leptosoles cámbicos, transformados por sobrepastoreo a ócricos. Sobre esos mismos sustratos, pero en zonas con mayor pendiente, se desarrollan leptosoles rendsénicos.
- *Hoces y cañones fluviocársticos*: unidad desarrollada sobre las mismas litologías dolomíticas que la anterior pero con pendientes elevadas, normalmente escarpadas, lo cual condiciona el afloramiento de las rocas en superficie y por tanto imposibilita la existencia de suelos.
- *Llanuras aluviales*: la existencia de materiales de texturas arenosas, limosas y arcillosas, condiciona la aparición de una amplia variedad de tipos edáficos. En general se originan suelos profundos, con buen drenaje, de tipo fluvisoles eútricos.
- *Vertientes glacis*: sobre litologías de bloques, cantos y arenas, y bajas pendientes, se desarrollan luvisoles de características háplicas o xéricas.

7.4.2.5. Recursos singulares y paisaje

Corresponden a morfologías cuyo valor deriva, bien de su interés científico-educativo, bien de su configuración paisajística.

- Recursos científico-educativos

Dadas sus características, se considera que la figura de planeamiento más adecuada para regular su gestión es la de Suelo No Urbanizable Especialmente Protegido (SNUEP) en el contexto de un planeamiento municipal a partir de directrices procedentes del nivel regional o comarcal.

En la región estudiada (ver figuras 7.15a y 7.15b y anexo *Análisis Geomorfológico*), los lugares que pueden tener categoría de recurso científico-educativo son los siguientes.

* Complejos glaciares (circos glaciares y nichos de nivación, morrenas). Su interés científico radica en la posibilidad de interpretación que ofrecen acerca de la influencia geomorfológica de los ambientes fríos durante el Pleistoceno Superior en este sector del Sistema Central. Respecto al carácter didáctico, precisamente sus dimensiones les otorgan la posibilidad de observar en ellos todos los elementos de un antiguo glaciar de circo en un reducido espacio (foto 7.15). Este hecho era ya señalado por Obermaier y Carandell en 1917, referido a los complejos de la vertiente meridional de Peñalara:

"Y el hecho de que los glaciares del Guadarrama sean miniaturas, valga el vocablo, en las cuales no olvidó la Naturaleza ningún detalle importante, se presta muy bien a otra muy estimable consideración que nos hemos de permitir: tal es, la importancia didáctica que de los mismos hechos se puede sacar partido, para la enseñanza «de visu», de los glaciares cuaternarios, y con ellos, mejor dicho, por sus huellas, darse cabal cuenta de lo que es un glaciar actual. Y esto en todo tiempo del año y a menos de seis horas (sic) de Madrid" (Obermaier y Carandell, 1917: 11).

* Saltos de agua (cascadas). Forman los conocidos 'chorros' de la Sierra de Guadarrama, y se deben a escarpes de falla que salvan las aguas a lo largo de su recorrido. Su interés en este caso es tanto científico-educativo como paisajístico, asociado a los cursos de agua torrenciales (foto 7.16).

* Marmitas de gigante. Su interés es tanto científico-educativo como de morfologías singulares. Son formas de detalle que aportan datos acerca de la dinámica de torrenteras en lechos rocosos, fundamentalmente graníticos. Cuando aparecen asociadas a lo largo del canal desarrollan fisonomías peculiares al coexistir marmitas en formación, con otras ya consolidadas y de diversos tamaños, junto a otras ya degradadas; el mejor ejemplo se sitúa en el río Cambrones (foto 7.17).

* Dolinas. Su valor se debe a varios motivos: al igual que ocurre con los circos glaciares, su reducidas dimensiones permiten una excelente observación; este tipo de morfologías no

abundan en el Sistema Central; y son fundamentales para interpretar los procesos cársticos y el flujo de aguas subterráneas en esta región. Por todo ello, pueden catalogarse con el máximo interés didáctico y científico. Destacan los conjuntos de Prádena (foto 7.18) y Arcones, y una dolina de colapso en Torreiglesias.

* Dolinas aluviales (carst cubierto). Presentan las mismas características que las formas anteriores; puntualizar únicamente que a las formaciones carstificables subyacentes se les sobreimpusieron otras que llegaron a cubrirlas pero no anuló su actividad. Muestra de ello es el reflejo sobre estas segundas de los hundimientos originados en las primeras. Los mejores ejemplos se sitúan en el ‘campo de dolinas’ de Arcones.

* Sumideros. Son conductos verticales que suponen el paso directo de las aguas superficiales a una red subterránea; esto permite estudiar, tanto los procesos de carstificación como el flujo de interconexión entre dichas aguas. A este interés científico hay que unir el didáctico: únicamente puede observarse este fenómeno en lugares muy concretos; el mejor ejemplo corresponde al arroyo de los Pollares, en Prádena.

Cabría incluir en este apartado las numerosas cavidades existentes en las franjas carbonáticas del borde norte del Sistema Central aquí tratadas. Para su catalogación es preciso tomar como punto de partida el *Avance al Catálogo de Cavidades de la Provincia de Segovia* (ver *Anexo Geomorfológico*).

- Paisajes geomorfológicos

Aunque su utilidad sea similar a la descrita para los recursos anteriores, en este caso se trata de espacios de mayores dimensiones que contribuyen a la percepción global del paisaje. Como ya se señalara en diversas ocasiones, si la contribución morfológica es determinante se está entonces ante los ‘paisajes geomorfológicos’. Dadas estas características, la consideración más adecuada para su gestión es a nivel figuras específicas de la Ley de Espacios Protegidos; en su defecto, sería conveniente aplicarles la calificación SNUEP previa elaboración de Planes Especiales del Medio Físico.

En la región estudiada (ver figuras 7.15a y 7.15b y anexo), los lugares que pueden tener categoría de paisaje geomorfológico son los siguientes.

* Gargantas. Los encajamientos fluviales en el dominio de los piedemontes (Cigüeñuela, Eresma, Polendos, Pirón, Viejo, Cega, Vadillo, La Calzada, Valdeobispo, Cambrones, etc.), originan morfologías de gran singularidad paisajística. En ellas se conjuntan la complejidad del relieve, la existencia de afloramientos rocosos, y la presencia de agua.

* Hoces y cañones fluvicársticos: Allí donde los cursos alóctonos procedentes de la Sierra —los mismos que forman gargantas en el piedemonte—, atraviesan la unidad de relieves estructurales en cuestas y plataformas, aparecen una serie de cañones fluvicársticos. En su

gran mayoría presentan un trazado NO-SE, una de las principales direcciones de fractura del macizo, perpendicular a las alineaciones orográficas del sistema montañoso. En ellos tiene lugar de nuevo una conjunción de: complejidad orográfica, afloramientos rocosos en superficie y presencia de agua. Entre esos pequeños cañones y hoces, de singularidad paisajística manifiesta (foto 7.19), se encuentran los elaborados por los ríos y arroyos siguientes: Moros, entre Vegas de Matute y Guijasalbas; Herreros, Milanillos, Matavacas, Frío y Matamujeres, en el entorno de Madrona; Tejadilla, Clamores y Eresma, en el entorno de la ciudad de Segovia; San Medel, entre Espirido y Bernuy; Polendos, entre La Higuera y Quintanar; Pirón y Viejo, en Torreiglesias; Cega y las Vegas, entre el paraje de Las Vegas y La Velilla; Cega, entre Pajares de Pedraza y Rebollo; La Matilla, entre el Cubillo y el Gujar; Mulas, en Caballar; del Pontón, entre La Revilla y Orejanilla; Vadillo, en Pedraza; San Juan, en Pradenilla, y entre Castroserna de Arriba y Castroserna de Abajo; y Casilla, entre Casla y Santa Marta del Cerro.

* Superficie de cumbres. Son territorios referenciales desde el punto de vista perceptivo (marcan el horizonte 'absoluto' para muchos lugares) y, por ello, altamente vulnerables. Además encierran valores intrínsecos derivados de su función como territorios de alta y media montaña en la región; aunque este calificativo no sea estricto desde el punto de vista geográfico, sí lo es de hecho puesto que presentan coberteras nivales y restos de morfología y vegetación de ambientes fríos.

* Laderas. De características muy similares a los anteriores paisajes, pues son un frente de referencia visual, presentan otros valores propios: dada la rigurosidad del clima, en las zonas altas los ecosistemas son muy vulnerables; establecen la seriación característica de una región de montaña, que en lo referente a la morfogénesis va desde la franja nival-periglaciaria (suelos estructurados, nichos de nivación, tors) hasta los piedemontes de acumulación por descarga (conos de deyección, taludes de derrubios), pasando por los escarpes de incisión lineal, arroyada, y tránsito de materiales (gargantas, regueros, cárcavas, coluviones).

* Frentes de cuesta. Corresponden a los escarpes en las capas suavemente plegadas de las series sedimentarias mesozoicas. Dado que en estos frentes aflora la sucesión completa de los materiales que constituyen la serie (arcillas y arenas-areniscas dolomíticas, dolomías y margas) y estos presentan un contraste cromático marcado, junto a su valor estrictamente geológico (tipo de formación y procesos actuales que las afectan, especialmente los acarcamientos) hay que destacar el paisajístico.

* Berrocales. Son la representación más genuina de los paisajes graníticos, constituidos por una asociación de resaltes rocosos (crestas y domos, más o menos degradados), asociaciones de bloques individualizados (tors), bloques individualizados (bolos) y franjas de alteración (arenizaciones). El ejemplo más notable se sitúa en el monzogranito de grano grueso y textura porfídica del plutón Peña del Hombre (foto 7.20).



Foto 7.15. Recurso científico-educativo: complejos glaciares. Las Pozas (Navafría).



Foto 7.16. Recurso científico-educativo y paisaje geomorfológico: saltos de agua o cascadas. El Chorro Grande (San Ildefonso).



Foto 7.17. Recurso científico-educativo y paisaje geomorfológico: marmitas de gigante (potholes). Las Calderas (Palazuelos).



Foto 7.18. Recurso científico-educativo y paisaje geomorfológico: dolinas. Prádena.



Foto 7.19. Paisaje geomorfológico: hoces y cañones fluvio cársticos. Río Viejo (Torreiglesias).



Foto 7.20. Paisaje geomorfológico: berrocales. Peña del Hombre (Otero de Herreros).

Cuadro 7.2. Síntesis de propiedades y características relacionadas con los elementos morfogenéticos.

ELEMENTO MORFOGENÉTICO	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS				
	MATERIALES ¹	ORIGEN (morfogénesis)	PENDIENTE (morfometría)	CONFIGURACIÓN (morfografía)	PROCESOS ACTUALES (morfodinámica)
Restos de superficie de erosión formando cumbres	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas (s)	superficie de erosión poligénica	< 2°	planicie (cumbre)	hielo-deshielo arroyada nival
Restos de superficie de erosión formando parameras y hombreras	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas (s)	superficie de erosión poligénica	< 2°	planicie (mesetas y rellanos escalonados)	hielo-deshielo encharcamiento (hidromorfismo)
Navas de altura y turberas	limos y arcillas (fs)	mixto (tectónico-arroyada-acción periglaciaria)	< 2°	fondo de depresión	decantación encharcamiento (hidromorfismo)
Escarpes mixtos de origen tectónico	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas (s)	tectonoestructural (fracturación) remodelado	13-25°	ladera rectilíneo-cóncava	deslizamiento flujo-reptación
Canchales	granitoides, gneises, cuarcitas (s)	depósito mixto (caída-reptación)	13-25°	ladera rectilínea (talud)	caídas
Circos glaciares y nichos de nivación	gneises y pizarras (s)	erosión glaciaria y nival	25-55°	eskarpe	caídas
Morrenas	aglomerados (fs)	depósitos de origen glaciario	6-13°	ladera (valium o colina)	flujo-reptación edafogénesis
Lóbulos de solifluxión	arenas, limos y arcillas (fs)	depósito mixto de vertiente (deslizamiento-flujo-reptación)	6-13°	ladera convexa	flujo-reptación encharcamiento
Coluviones silíceos	arenas y limos (fs)	depósito mixto de vertiente (caída-arroyada-periglaciaria)	13-25°	ladera rectilínea (talud)	coluvionamiento arroyada concentrada en regueros
Abanicos rocosos	granitoides y gneises (s)	erosión fluvio-torrencial	2-6°	glacis	edafogénesis arroyada en manto
Conos de deyección	conglomerados (fs)	depósito torrencial	2-6°	glacis	edafogénesis arroyada en manto
Restos de superficie de erosión formando piedemontes	granitoides, gneises y pizarras (s)	superficie de erosión de piedemonte	< 2° 2-6°	glacis	edafogénesis arroyada en manto
Abanicos de piedemonte-raña	conglomerados (fs)	depósito torrencial	2-6°	rampa-glacis	edafogénesis arroyada concentrada en regueros y cárcavas
Relieves residuales	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas (s)	poligénico	6-13°	cerro	flujo-reptación arroyada concentrada en regueros
Fondo aluvial en torrenteras	aglomerados (fs)	depósito torrencial	< 2°	llanura (fondo de valle)	edafogénesis inundación
Navas de piedemonte	arenas, limos y arcillas (fs)	depresión mixta (fluvial-tectónica)	< 2°	llanura (fondo de depresión)	decantación encharcamiento (hidromorfismo)
Gargantas	granitoides, gneises, pizarras y cuarcitas (s)	encajamiento fluvial	< 25-55°	ladera-escarpe cóncavo-convexa	caídas creep-reptación
Superficie de erosión de exhumación reciente	gneises, granitoides (s) arenas, arcillas (fs)	superficie de erosión antigua	2-6°	superficie alomada	edafogénesis, arroyada
Frentes de cuesta arenosos	arenas silíceas (s)	forma 'derivada' de control litostuctural	13-25°	ladera cóncava (cuesta)	arroyada concentrada
Coluvión carbonático	gravas, cantos, arenas y limos (fs)	depósito mixto (gravitacional-arroyada-periglaciaria)	13-25°	ladera rectilínea (talud)	coluvionamiento
Glacis de acumulación	arenas (fs)	depósitos de arroyada en manto	2-6°	glacis	arroyada en manto (sedimentación)
Dorsos de cuestras y plataformas	dolomías, areniscas dolomíticas, calizas (s)	formas 'derivadas' de control litostuctural	< 2° 2-6°	planicies rampas	infiltración-carstificación
Hoces y cañones fluvio-carsticos	dolomías, areniscas dolomíticas, calizas (s)	encajamientos fluvio-carsticos	> 55°	acantilados	caídas
Llanuras aluviales	gravas, arenas, limos, arcillas (fs)	depósito fluvial	< 2°	fondo de valle (llanura, planicie)	edafogénesis, avulsión
Vertientes glacis	arcosas, arenas (s)	depósito fluvial	2-6°	ladera convexa (glacis)	arroyada concentrada y en manto

¹ Sustrato (s); formación superficial (f.s.)

Cuadro 7.2 (continuación). *Síntesis de propiedades y características relacionadas con los elementos morfogenéticos.*

ELEMENTO MORFOGENÉTICO	CARACTERÍSTICAS GEOEDÁFICAS				TRANSFORMACIÓN ANTRÓPICA
	AGREGACIÓN COHERENCIA	TEXTURA DE LA ALTERITA	COMPOSICIÓN	SUELO CLIMÁTICO (FAO, 1991)	
Restos de superficie de erosión formando cumbres	ligeramente consolidada	varia	débilmente ácida	leptosoles líticos	—
Restos de superficie de erosión formando parameras y hombreras	ligeramente consolidada	varia	débilmente ácida	cambisoles húmicos y gleicos	- modificación drenaje y horizontes orgánicos
Navas de altura y turberas	suelta	limoarcillosa	débilmente ácida	histosoles dísticos	—
Escarpes mixtos de origen tectónico	muy consolidada	areno-limosa, arenosa	débilmente ácida	cambisoles y leptosoles húmicos	- compactación; modificación horizontes orgánicos
Canchales	suelta	gruesa (grava)	débilmente ácida	leptosoles líticos	—
Circos glaciares y nichos de nivación	muy consolidada	clástica de fragmentación	débilmente ácida	leptosoles líticos	—
Morrenas	ligeramente consolidada	gruesa (grava)	débilmente ácida	cambisoles húmicos	- modificación horizontes orgánicos
Lóbulos de solifluxión	suelta	limo-arenosa	débilmente ácida	cambisoles gleicos	- modificación horizontes orgánicos y drenaje
Coluviones silíceos	suelta	limo-arenosa	débilmente ácida	cambisoles húmicos	- modificación horizontes orgánicos
Abanicos rocosos	muy consolidada	clástica de fragmentación	débilmente ácida	cambisoles húmicos	- modificación del relieve original, drenaje y horizontes orgánicos
Conos de deyección	ligeramente consolidada	grava-arena	débilmente ácida	cambisoles húmicos	- modificación del relieve original, drenaje y horizontes orgánicos
Restos de superficie de erosión formando piedemontes	muy consolidada	clástica	débilmente ácida	cambisoles húmicos y dísticos	- modificación de horizontes orgánicos y estructura edáfica (compactación)
Abanicos de piedemonte-raña	ligeramente consolidada	arcillosa	débilmente ácida	alisoles gleicos	- modificación del relieve (terrazas) y de la estructura y composición del suelo
Relieves residuales	muy consolidada	clástica (areno-arcillosa en alterita)	débilmente ácida	leptosoles húmicos y líticos	- modificación de horizontes orgánicos
Fondo aluvial en torrenteras	suelta	gravas	débilmente ácida	fluvisoles eútricos	- modificación de horizontes orgánicos
Navas de piedemonte	suelta	limo	débilmente ácida	cambisoles gleicos	- modificación de horizontes orgánicos; encharcamiento
Gargantas	muy consolidada	limo-arenosa	débilmente ácida	leptosoles líticos	- modificación horizontes orgánicos; compactación
Superficie de erosión de exhumación reciente	ligeramente consolidada	limoarenosa (alterita)	débilmente ácida	cambisoles húmicos	- modificación horizontes orgánicos; compactación
Frentes de cuesta arenosos	ligeramente consolidada	arenosa	débilmente ácida	arenosoles albos	- modificaciones importantes del relieve y los suelos por minería, deforestación y agricultura
Coluvión carbonático	ligeramente consolidada	limo	débilmente básica	leptosoles rendzínicos	- modificación horizontes orgánicos
Glacia de acumulación	suelta	arenosa	débilmente ácida	arenosoles lúvicos	- modificación horizontes orgánicos
Dorsos de cuevas y plataformas	muy consolidada	clástica (arcillo-limosa en regolito)	débilmente básica (decarbonatación)	cambisoles calcáricos	- modificación horizontes orgánicos y estructura edáfica
Hoces y cañones fluvio-carsticos	muy consolidada	clástica	débilmente básica (decarbonatación)	leptosoles líticos	—
Llanuras aluviales	suelta	grava-arenosa	débilmente ácida	fluvisoles eútricos	- modificación horizontes orgánicos y régimen hídrico
Vertientes glacia	ligeramente consolidada	arenosa	débilmente ácida	luvisoles háplicos o xéricos	- transformación profunda de los suelos por roturación

7.4.3. Un ejemplo para planeamiento local

Se simula en los contenidos de este epígrafe la aplicación estricta de la clasificación geomorfológica a nivel de elementos del relieve para un hipotético caso de planeamiento municipal (Plan General o Normas Subsidiarias). El municipio seleccionado es Pedraza de la Sierra (Segovia), escogido por dos motivos: tiene realizada cartografía topográfica a una escala adecuada para planeamiento local (1:10.000); es altamente representativo de los municipios de la región estudiada, pues se sitúa a caballo entre el piedemonte sobre el macizo cristalino y los relieves estructurales del conjunto sedimentario mesozoico, razón por la cual incluye en su territorio la práctica totalidad de elementos susceptibles de aparecer en el piedemonte.

- Clasificación

La clasificación morfográfica se realizó a partir de un análisis morfométrico del mapa topográfico 1:10.000 y de fotointerpretación. Los elementos del relieve distinguidos, y su relación con las unidades morfogenéticas (ver figura 7.15 b, pág. 207), fueron los siguientes:

- * Restos de superficie de erosión formando piedemontes
 - (1) Superficie-interfluvio (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ei)
 - (2) Glacis de denudación y transporte (Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ame)
 - (3) Ladera de reptación (Gh-Ms-Dci/ct-El/re)
- * Navas de piedemonte
 - (4) Glacis de transporte y acumulación (Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ams)
 - (5) Superficie de decantación (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ds)
- * Gargantas
 - (6) Escarpe de caídas (Gh-Ms-Dci/ct-Ee/ce)
- * Aluvial-coluvial sobre sustrato ígneo y metamórfico
 - (7) Superficie aluvial-coluvial (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ms)
- * Coluviones silíceos
 - (8) Ladera coluvial (Gh-Ms-Dci/ct-Et/cos)
- * Superficie de exhumación reciente
 - (9) Superficie-interfluvio (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ei)
 - (10) Glacis de denudación y transporte (Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ame)
 - (11) Ladera de reptación (Gh-Ms-Dci/ct-El/re)
- * Navas de piedemonte (en superficie de exhumación reciente)
 - (12) Depresión de decantación (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ds)
- * Dorsos de cuesta y plataformas
 - (13) Superficie de infiltración (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/ke)
 - (14) Ladera de reptación (Ga-Ms-Dcp/ct-El/re)
- * Hoces y cañones fluvio-cársticos
 - (15) Acantilado de caídas (Ga-Ms-Dcp/ct-Ee/ce)
- * Aluvial-coluvial sobre sustrato carbonático
 - (16) Superficie aluvial-coluvial (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/ms)
- * Frentes de cuesta arenosos
 - (17) Talud de regueros (Ga-Ms-Dct/la-Et/are)
 - (18) Escarpe de cárcavas (Ga-Ms-Dct/la-Ee/ace)
 - (19) Superficie artificial (Ga-Ms-Dct/la-Eg/ame)
- * Coluviones carbonáticos
 - (20) Talud coluvial (Ga-Ms-Dcet/la-Et/cos)

* Glacis de acumulación

- (21) Glacis de arroyada concentrada (Ga-Ms-Dct/la-Eg/acs)
- (22) Glacis de arroyada en manto (Ga-Ms-Dct/la-Eg/ams)

* Llanuras aluviales

- (23) Superficie inundable (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/fs)
- (24) Cauce o canal (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/fe)

La cartografía de estos elementos del relieve aparece en la figura 7.18 y un esquema de los perfiles morfográficos 'tipo' mostrando las relaciones entre elementos en la figura 7.19.

- *Descripción-valoración*

Según lo ya indicado, una forma de trabajo común a este nivel de detalle son los análisis multidisciplinarios, utilizando técnicas paramétricas y SIG (ver epígrafe 5.4.4.1). Ello requeriría por parte del especialista en Geomorfología la descripción-caracterización-valoración de los distintos parámetros implicados en su campo (ver tablas 5.7 y 5.8, pág. 128).

Otro modo de llevar a cabo esta fase es seguir un procedimiento sintético, realizando una descripción-valoración sinóptica para el informe geomorfológico, más útil cuando se trata de un documento independiente como el que aquí se presenta. En este caso y a esta escala, además del sustrato o la génesis implícitos —ya señalados en el epígrafe 7.4.1—, las características realmente definitorias son: la configuración morfográfica, las características del regolito-sustrato geoedáfico, los procesos geomorfológicos y edáficos activos y su intensidad, y la caracterización en lo posible de sus tendencias evolutivas. Todo ello tiene una aplicación en sentido genérico a los objetivos de la planificación: actividades relacionadas con el manejo de la vegetación (agricultura, prácticas forestales, recuperación de la cubierta vegetal), implantación de asentamientos urbanos e infraestructuras, etc. Según el esquema teórico que venimos adoptando, la valoración que realizaremos se lleva a cabo exclusivamente a partir de la información geomorfológica.

- (1) *Superficie-interfluvio (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ei)*. Divisoria convexa, que culmina la superficie de erosión sobre el piedemonte cristalino. Regolito con espesor inferior a 30 cm, de textura limoarenosa. Zona sometida a denudación por arroyada en superficie e intemperización en profundidad, con exportación de materiales y nutrientes ladera abajo; empobrecimiento de los suelos y aparición en superficie de numerosos afloramientos rocosos ('tors' gnéísicos). Restauración de la cubierta vegetal poco favorable. Condiciones constructivas favorables.

- (2) *Glacis de denudación y transporte (Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ame)*. Ladera cóncava. Regolito hasta 40 cm, de textura limoarenosa. Procesos activos de arroyada en manto en superficie, e intemperización geoquímica en profundidad. Afloramientos rocosos menos frecuentes que en las divisorias. Proporcionan las mejores condiciones para el desarrollo urbano, y de hecho en estos espacios se han situado tradicionalmente los núcleos de población. Condiciones para la restauración de la cubierta vegetal aceptables pero irregulares (microrrelieves).

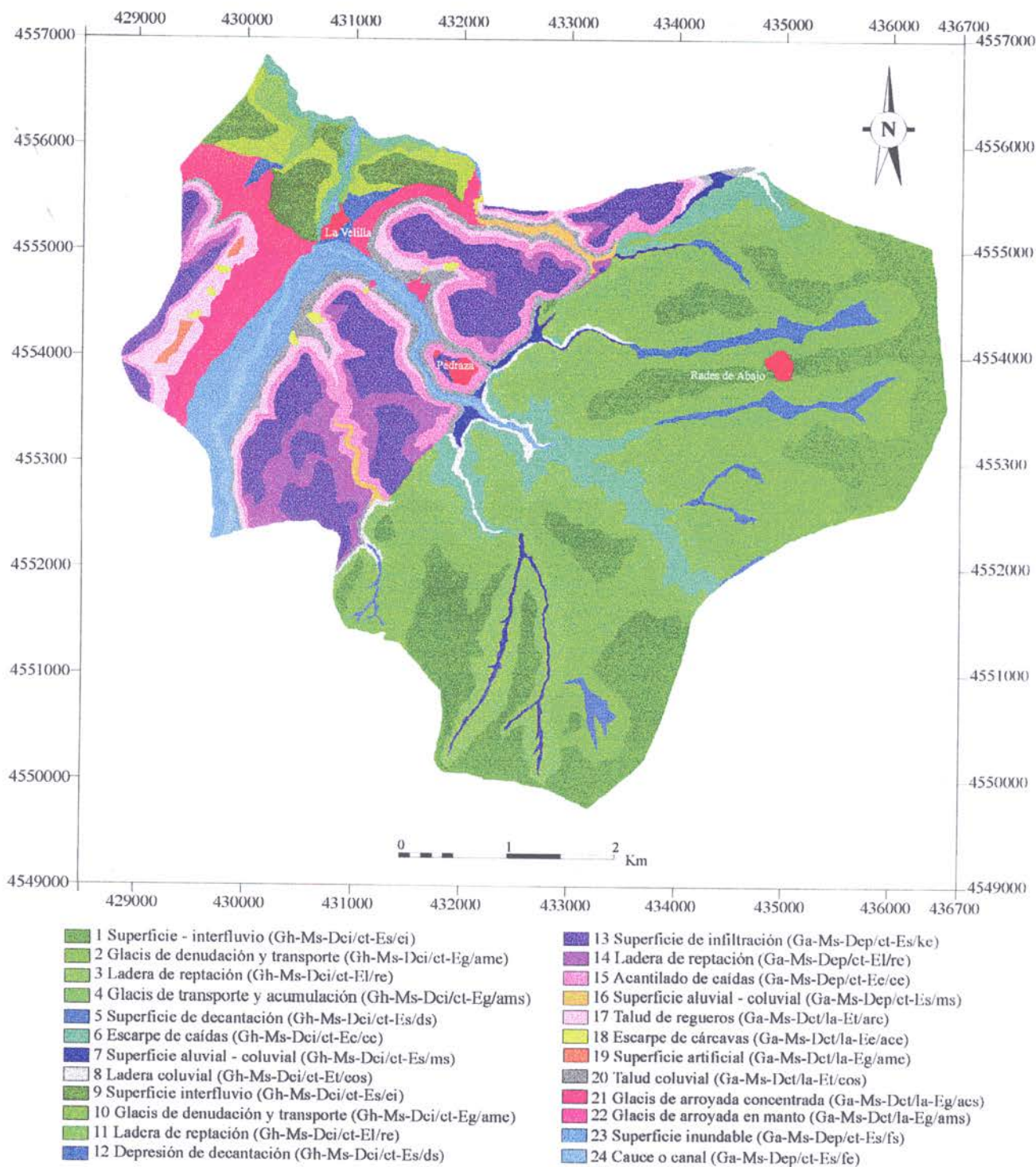


Figura 7.18 Cartografía de elementos del relieve para el municipio de Pedraza

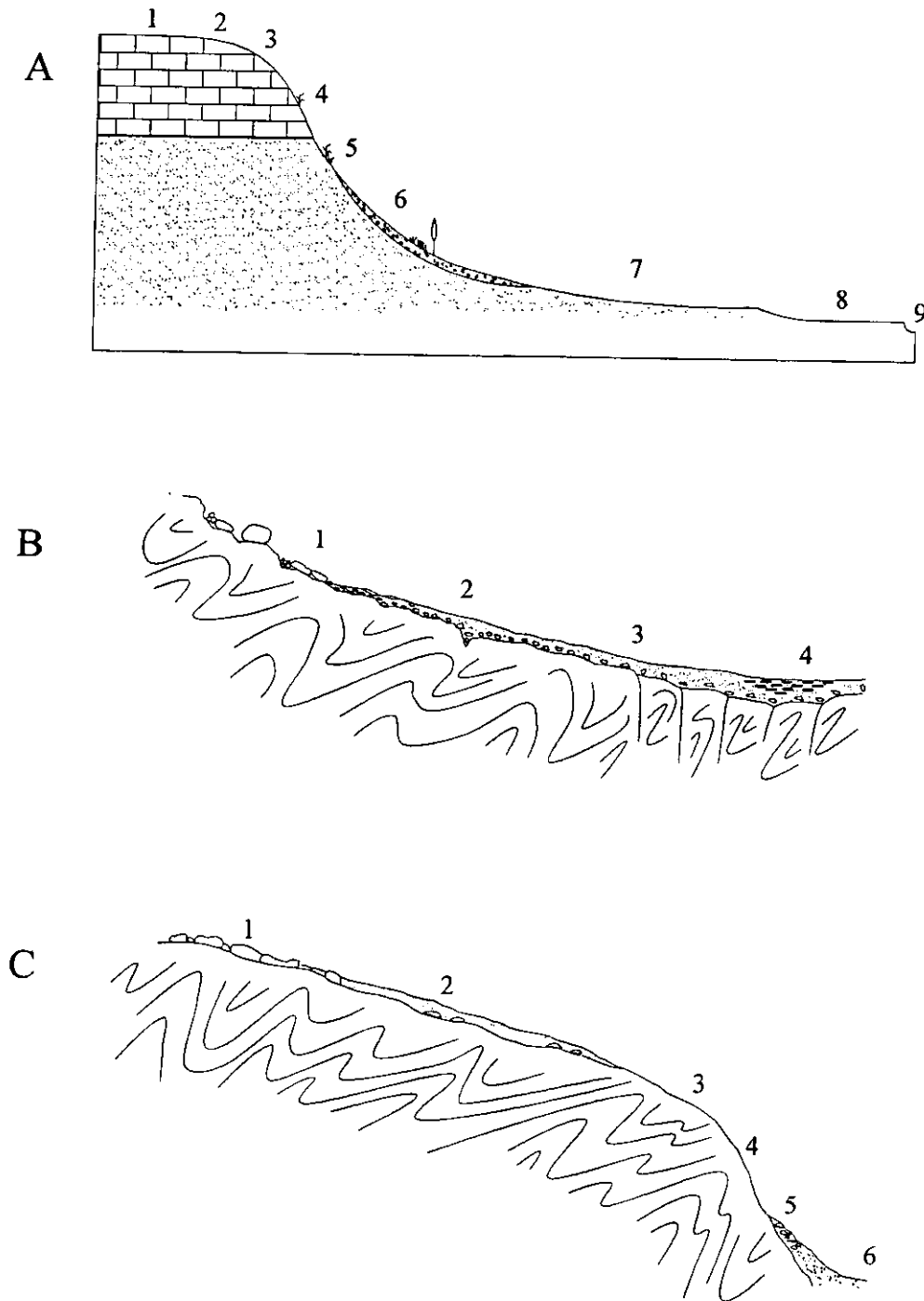


Figura 7.19. Esquema de tres perfiles morfográficos 'tipo' del municipio analizado, en los que se observan las pautas vectoriales de procesos actuales y movimiento de materiales. Perfil A: 1, Ga-Ms-Dep/ct-Es/ke; 2, Ga-Ms-Dep/ct-Eg/ke; 3, Ga-Ms-Dep/ct-El/re; 4, Ga-Ms-Dep/ct-Ee/ce; 5, Ga-Ms-Dep/ct-Et/are; 6, Ga-Ms-Dep/ct-Et/cos; 7, Ga-Ms-Dct/la-Eg/ams; 8, Ga-Ms-Def/ct-Es/fs; 9, Ga-Ms-Def/ct-Es/fe. Perfil B: 1, Gh-Ms-Dci/ct-Es/ei; 2, Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ame; 3, Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ams; 4, Gh-Ms-Dci/ct-Es/ds; Perfil C: 1, Gh-Ms-Dci/ct-Es/ei; 2, Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ame; 3, Gh-Ms-Dci/ct-El/re; 4, Gh-Ms-Dci/ct-Ee/ce; 5, Gh-Ms-Dci/ct-Et/cos; 6, Gh-Ms-Dci/ct-Es/ms.

- (3) *Ladera de reptación (Gh-Ms-Dci/ct-El/re)*. Ladera de perfil convexo. La pendiente posibilita la existencia de procesos de tipo *creep*, y de arroyada concentrada. Aparición de afloramientos rocosos en superficie. Restauración de la cubierta vegetal menos favorable. Condiciones constructivas aceptables, con problemas de tipo geomorfológico.
- (4) *Glacis de transporte y acumulación (Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ams)*. Ladera con perfil tipo 'glacis', de transición entre las vertientes de denudación y transporte, y las navas (superficies de decantación). Zona de acumulación de material de las zonas de interfluvio con enriquecimiento en materiales con alta potencialidad edáfica, lo que posibilita una restauración relativamente fácil de la cubierta vegetal. Condiciones constructivas aceptables.
- (5) *Superficie de decantación (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ds)*. Fondo de depresión, de carácter semiendorreico, drenada de forma deficiente por un pequeño curso emisario. Regolito bien desarrollado (1-2 m), motivo por el cual no presenta afloramientos rocosos en superficie. Predominio de procesos de acumulación-decantación-encharcamiento, y nivel saturado a poca profundidad. Son por esas razones soporte de suelos profundos, con enormes facilidades de restauración de la cubierta arbórea (especialmente favorables a la recuperación de fresnedas). Presenta problemas constructivos de tipo hidrológico y geotécnico. Recomendación en base al diagnóstico geomorfológico: SNUEP por sus potencialidad ecológica y paisajística; aconsejable su uso como pastizales y praderas de siega en dehesas.
- (6) *Escarpe de caídas (Gh-Ms-Dci/ct-Ee/ce)*. Ladera rectilínea y escarpada, con pendiente elevada. Procesos gravitacionales dominantes (caídas y desprendimientos). Afloramientos rocosos casi continuos, que prácticamente imposibilitan la existencia de suelos (leptosoles líticos o litosuelos). Condiciones constructivas muy desfavorables, por problemas de tipo geomorfológico. Suelo no urbanizable común (SNUC) por riesgo gravitacional, y suelo no urbanizable especialmente protegido (SNUEP) por sus valores paisajísticos (relieve interno y afloramientos rocosos).
- (7) *Superficie aluvial-coluvial (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ms)*. Fondo de valle (formación superficial que rellena los fondos de encajamientos fluviales en los piedemontes). El material tiene su origen en el aporte coluvial de las laderas, y en el producido por transporte fluvial. Conforman ambientes convergentes con las navas, pero con menor grado de hidromorfismo. Condiciones constructivas desfavorables, por problemas geotécnicos e hidrológicos. Suelo No Urbanizable Protegido (SNUP) por potencialidad ecológica y de paisaje. Muy favorable a la restauración de la cubierta vegetal.
- (8) *Ladera coluvial (Gh-Ms-Dci/ct-Et/cos)*. Talud rectilíneo-cóncavo, formado a expensas de los escarpes de caídas en las gargantas (formación superficial de derrubios de naturaleza gnéisica). Procesos de acumulación y transporte, a pesar de lo cual se muestran favorables a la colonización vegetal, por la textura y escasa agregación de sus depósitos. Condiciones

constructivas desfavorables por problemas geotécnicos y geomorfológicos. Facilidad de restauración de la cubierta vegetal.

- (9) *Superficie-interfluvio (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ei)*. Superficie alomada, restos de antiguas superficies de erosión, recién dismanteladas. La alterita presenta un espesor próximo a 1 m, lo que imposibilita la aparición de *tors* superficiales. Textura de los suelos limoarenosa. Zona sometida a denudación de la cubierta alterítica, y por tanto menos favorable a la restauración de la vegetación; aún así, presentan una clara tendencia 'biostásica'. Condiciones constructivas favorables.
- (10) *Glacis de denudación y transporte (Gh-Ms-Dci/ct-Eg/ame)*. Ladera cóncava. Alterita con espesor superior a 1m, sin afloramientos rocosos en superficie. Procesos de arroyada en manto. Facilidad aceptable para la recuperación de la cubierta vegetal. Condiciones constructivas favorables.
- (11) *Ladera de reptación (Gh-Ms-Dci/ct-El/re)*. Ladera de perfil convexo. La alterita se reduce a menos de 30 cm, dado que la pendiente ha posibilitado la existencia de procesos de arroyada concentrada y *creep*, que la han erosionado. Aún así, los afloramientos rocosos no son abundantes. Restauración de la cubierta vegetal aceptable. Condiciones constructivas aceptables.
- (12) *Depresión de decantación (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ds)*. Fondo de depresión de carácter semiendorreico, similar a las superficies de decantación sobre el piedemonte, pero que en este caso conserva en su interior restos de la cobertera cretácica (arenas) no exhumada totalmente. No presenta afloramientos rocosos en superficie, y es soporte de suelos profundos con el nivel freático a escasa profundidad. Enormes facilidades de restauración de la cubierta arbórea (fresnedas). Presenta problemas constructivos de tipo hidrológico y geotécnico. SNUEP por potencialidad ecológica y de paisaje. Uso aconsejable como pastizales y praderas de siega adehesadas.
- (13) *Superficie de infiltración (Ga-Ms-Dep/ct-Es/ke)*. Superficies de culminación ligeramente convexa. Regolito de muy escasa profundidad (10-20 cm), de textura arcillosa. Procesos de infiltración dominantes, favorecidos por la carstificación infrayacente. Suelos muy degradados por deforestación y pastoreo, de difícil y lenta regeneración. Condiciones constructivas favorables aunque con posibles problemas de asientos diferenciales. Protección de agentes contaminantes, por susceptibilidad a la contaminación de acuíferos cársticos.
- (14) *Ladera de reptación (Ga-Ms-Dep/ct-El/re)*. Ladera convexa. Regolito de muy escasa profundidad (10-20 cm), de textura arcillosa. Afloramientos rocosos en superficie. Procesos de *creep* y movimientos laterales en el suelo. Unidad muy modificada por actividad antrópica (canterado). Dificultad para la regeneración de la cubierta vegetal. Condiciones constructivas aceptables.

- (15) *Acantilado de caídas (Ga-Ms-Dep/ct-Ee/ce)*. Escarpes prácticamente subverticales, formados por procesos de encajamiento de la red fluvial en macizos cársticos (fluviocarst). Su pendiente supera los 40°. Unidad sujeta a procesos gravitacionales activos de caídas, que afectan tanto a ésta como a las situadas en una posición inmediatamente inferior, a las cuales provee de materiales. Afloramientos rocosos en superficie. Condiciones constructivas muy desfavorables, por problemas de tipo geomorfológico. SNUC por riesgo gravitacional, y SNUEP por sus valores paisajísticos.
- (16) *Superficie aluvial-coluvial (Ga-Ms-Dep/ct-Es/ms)*. Fondo de valle, relleno por un depósito de origen aluvial-coluvial y residuos insolubles de carstificación (naturaleza carbonática y textura limosa). Suelos adecuados para la restauración de la cubierta vegetal. Condiciones constructivas desfavorables. SNEP por potencialidad ecológica y paisajística.
- (17) *Talud de regueros (Ga-Ms-Dep/ct-Et/are)*. Ladera-talud rectilínea. Regolito prácticamente inexistente, con abundancia de afloramientos del sustrato. Los procesos actuales dominantes son la arroyada concentrada (en regueros y surcos), lo que prácticamente imposibilita la edafogénesis. Restauración de la cubierta vegetal muy complicada. Condiciones constructivas desfavorables, por problemas de tipo geotécnico. Rocas industriales de interés económico elevado. Valor paisajístico muy alto. SNEP por recursos minerales y paisaje.
- (18) *Escarpe de cárcavas (Ga-Ms-Dep/ct-Ee/ace)*. Talud subvertical cóncavo. Afloramientos del sustrato (arenas) en superficie. Fenómenos de arroyada concentrada de funcionamiento activo, funcionales en periodos de precipitación excepcional, que imposibilitan la edafogénesis y la colonización vegetal. Restauración de la cubierta vegetal muy complicada. Condiciones constructivas desfavorables por problemas de tipo geotécnico.
- (19) *Bancales agrícolas (Ga-Ms-Dct/la-Eg/ame)*. Laderas rectilíneas producto de aterrazamientos de origen antrópico en los frentes y laderas en cuesta. Abandonado su mantenimiento, presentan una tendencia a la autorregulación, con pequeños fenómenos gravitacionales (deslizamientos) y de arroyada (regueros). Condiciones constructivas desfavorables por problemas de tipo geotécnico. Recomendación al planeamiento: renaturalización de la unidad, favoreciendo los procesos naturales que regularizan su perfil.
- (20) *Talud coluvial (Ga-Ms-Dep/ct-Et/cos)*. Ladera rectilínea-cóncava, formada por un depósito superficial que tapiza la parte inferior de las laderas de los frentes de cuesta. Zona de acumulación de materiales y solutos de los escarpes de plataformas y frentes de cuesta carbonáticos. Textura limoarcillosa, incluyendo clastos de rocas carbonáticas. Unidad favorable a la recuperación de la vegetación natural (encinares y sabinars basófilos). Condiciones constructivas desfavorables por problemas de tipo geotécnico y geomorfológico (SNUC).
- (21) *Glacis de arroyada concentrada (Ga-Ms-Dct/la-Eg/acs)*. Ladera tendida rectilíneo-cóncava (glacis). Formado por coalescencia de conos de deyección al pie de cabeceras de

cárcavas activas (ver foto 7.11, pág. 221). Espesor que puede llegar a 2-3 metros en sus zonas más distales. Textura arenosa. A pesar de su funcionamiento activo, su colonización vegetal es rápida, lo que indica su facilidad para la recuperación de la vegetación natural (encinar-sabinar). Condiciones constructivas desfavorables por riesgo de procesos de sedimentación.

- (22) *Glacis de arroyada en manto (Ga-Ms-Dct/la-Eg/ams)*. Ladera tendida rectilíneo-cóncava (glacis). Formado a expensas de las arenas silíceas cretácicas, por procesos de arroyada en manto en zonas de baja pendiente. Se trata por tanto de unidades con actividad morfogenética actual, lo que no impide de nuevo su rápida colonización vegetal en los periodos que no son funcionales. Esa circunstancia posibilita la existencia de 'paisajes erosivos' en las laderas, ampliamente revegetados a su pie (conos y glacis). Condiciones constructivas desfavorables por riesgo de procesos de sedimentación.

- (23) *Superficie inundable (Ga-Ms-Def/ct-Es/fs)*. Fondo de valle de pendiente prácticamente horizontal, relleno por una formación superficial compuesta por gravas y arenas de naturaleza silícea (materiales procedentes de los dominios de la Sierra y el piedemonte). Procesos de infiltración e iluviación dominantes. Buen drenaje y zona saturada cercana a la superficie. Esporádicamente sujeta a la acción de las inundaciones. Con frecuencia, los glacis procedentes de los frentes de cuesta contiguos (arroyada en manto) se superponen a éstas, produciendo interdigitaciones en su estructura. Condiciones constructivas aceptables. SNUP por riesgo de inundación y valores ecológicos y agrícolas potenciales. Incorporación al planeamiento de la protección que recoge la actual Ley de Aguas española, en sus zonas de 'dominio público hidráulico', 'servidumbre' (5 m) y 'policía' (100 m).

- (24) *Cauce o canal (Ga-Ms-Def/ct-Es/fe)*. Incluye los siguientes elementos morfológicos de detalle: canal actual, canales abandonados o secundarios, islas, barras longitudinales y de meandro (*point-bars*). Área sujeta a fenómenos geomorfológicos, hidrodinámicos y ecológicos estrechamente relacionados con el funcionamiento de la corriente principal, con tendencia a la estabilización del canal actual y a la colonización vegetal. Condiciones constructivas muy desfavorables. Recomendación al planeamiento: creación de una "zona de dominio fluvial" que respete la migración natural del canal principal del río Cega. SNUEP por riesgo alto de inundación y protección de la dinámica fluvial. En realidad, esta zona ya está sujeta a protección por la actual Ley de Aguas de 1985, y el reglamento del 'dominio público hidráulico' que la desarrolla.

7.4.4. Discusión

La transformación de un mapa geomorfológico en otro de unidades homogéneas (epígrafe 7.4.1) conservando la similitud configuracional, genética y litológica (para lo cual puede ser conveniente la superposición de mapas básicos), es un procedimiento adecuado en estudios del medio físico y planificación territorial. Estos mapas son de máxima utilidad, por ejemplo, para

técnicos forestales y profesionales relacionados con las ciencias biológicas, en tanto agrupan el conjunto de factores ecológicos relativos a la gea; pero también en geotecnia y obras públicas, al considerar las formaciones superficiales.

Desde un punto de vista taxonómico, estas unidades homogéneas coinciden en buena parte con elementos del relieve, pero lo más común es que sean subdivisibles en base a criterios morfológicos, como desarrolla el epígrafe 7.4.3.

Los elementos del relieve conservan el máximo grado de homogeneidad geótica representable a escalas cartográficas locales. Habida cuenta de la transformación diferencial sufrida por la cubierta vegetal y los suelos, los elementos del relieve no se corresponden con unidades integradas; para tal fin precisarían su superposición con un mapa de vegetación actual y usos, convirtiendo aquéllos en unidades ambientales. Aún así, los elementos del relieve constituyen en buena medida "unidades ecológicas potenciales", razón por la cual tienen utilidad incluso como unidades de diagnóstico en estudios del medio físico (planeamiento, EIA, restauración).

La descripción-valoración geomorfológica a esta escala hace hincapié en la morfología, las características geoedáficas, los procesos actuales-tendencias evolutivas, y el paisaje. En este punto es necesario destacar que, aun cuando la caracterización paramétrica pueda ser útil, de nuevo las valoraciones sinópticas a partir de procedimientos fisiográficos permiten obtener conclusiones a las que no se llega con técnicas paramétricas convencionales, al considerar de modo más adecuado la interpretación histórico-natural (por ejemplo, superficies exhumadas o funcionamiento de los glaciares).

7.4.4.1. Utilidad para los objetivos de la ordenación territorial

Tal cual se han definido en este trabajo, los elementos del relieve presentan su tratamiento más adecuado a niveles 'locales'; es decir, planeamiento municipal (Planes Generales de Ordenación Urbana y Normas Subsidiarias Municipales) y proyectos.

El desarrollo de esos planes de ordenación con un enfoque ecológico precisa la participación de un equipo multidisciplinar. En ese contexto, la información geomorfológica se incorpora a la del conjunto de profesionales, y su tratamiento requerirá técnicas paramétricas y utilización de SIG.

A pesar de lo que acabamos de señalar, los elementos del relieve deberían ser utilizados para planificación a escalas de rango inmediatamente superior al local (comarcal). Esto es así, porque su 'nivel de detalle' permite establecer unas directrices de ordenación muy precisas al ámbito municipal, y para ello debe señalar con exactitud: riesgos naturales, recursos singulares, criterios de restauración, a fin de que los Planes Municipales los asuman.

8. LOS ELEMENTOS DEL RELIEVE EN LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE. UN EJEMPLO

En este capítulo tratamos la participación geomorfológica en un proyecto de restauración de un espacio afectado por actividades mineras: uno de los ejemplos de 'estudio del medio físico' en que la contribución del conocimiento geomorfológico es más decisiva, en tanto la problemática atañe directamente a la modificación del relieve original.

En el transcurso de la realización de este trabajo de tesis doctoral, implicado en la clarificación del papel de la Geomorfología en los estudios del medio físico (planificación, EIA, restauración), se tuvo la posibilidad de participar en varios proyectos reales de restauración ambiental, lo cual ha permitido dos cosas: por un lado, aplicar la clasificación del relieve propuesta al nivel de proyectos, en realidad el mismo que la planificación de ámbito local (elementos del relieve); y por otro, profundizar en las aportaciones geomorfológicas a los procesos de restauración ecológica y del paisaje.

Habida cuenta de la similitud existente entre las numerosas explotaciones mineras de toda la zona estudiada, el caso que se describe puede servir como proyecto 'directriz' o 'base' para la restauración de estos espacios.

8.1. GENERALIDADES ACERCA DEL PROYECTO

La restauración del medio afectado por explotaciones mineras cuenta en España con escasa tradición; aparece legislada por primera vez a partir del Real Decreto 2994/1982, del 15 de octubre, según el cual los planes de labores mineras presentados con posterioridad a esa fecha han tenido la obligatoriedad de ir acompañados por un preceptivo plan de restauración. Después del año 1982, la legislación ambiental aplicada a la minería ha experimentado un desarrollo importante, añadiéndose a las disposiciones de carácter estatal las elaboradas por las distintas Comunidades Autónomas; a su vez, a partir del año 1986, ha sido completada con otro tipo de regulaciones, tal y como la relativa a los procedimientos de evaluación de impactos ambientales (R.D. 1302/86).

Sin embargo, las explotaciones mineras realizadas con anterioridad a 1982 no presentan obligación alguna de restauración por parte de los organismos y entidades promotores; por esta razón, ciertas Comunidades Autónomas han puesto en marcha iniciativas para la recuperación ambiental de antiguas minas y canteras, muchas de ellas hoy abandonadas. Éste es el caso de Castilla y León, que en el año 1992 estableció un programa destinado a subvencionar proyectos de restauración. Éstos, debían estar promovidos por entidades locales de zonas mineras, y debían tener por objeto la mejora y recuperación de espacios afectados por antiguas explotaciones incluidas en sus territorios.

El Ayuntamiento de Orejana (Segovia), solicitó y obtuvo a través de un estudio elaborado por nosotros una de estas ayudas para la rehabilitación de una antigua mina de arenas silíceas ubicada en su término municipal (denominada 'La Revilla'), cuyo diseño de restauración es el que se detalla.

8.2. CARACTERÍSTICAS DE LA EXPLOTACIÓN MINERA ABANDONADA

La mina de arenas silíceas La Revilla constituyó una pequeña explotación a cielo abierto, desarrollada por banqueo sucesivo de una ladera tipo cantil carbonático-talud arenoso. La actividad extractiva fue intermitente y de escasa intensidad, habiéndose explotado en los años que estuvo abierta (década de 1970) únicamente un total de unos 110.000 m³ de material.

El avance unidireccional de la extracción —subparalelo a las isohipsas de la ladera— generó un frente de explotación longitudinal irregular en talud subvertical único, con un desarrollo de 290 m, una altura media de 20 m, y una pendiente superior a 65°.

La pureza del material extraído condicionó la existencia de una escasa proporción de estériles, de naturaleza heterogénea: arcillas, arenas, materiales coluvionares de composición carbonática, y antiguos suelos. Las escombreras y bancos de esos materiales se dispusieron anárquicamente, dispersos en la plaza e inmediaciones, o adosados al frente; la pendiente de estos taludes oscilaba entre 25° y 40°.

La plaza consistía en una superficie irregular de pendiente inferior a 4°, delimitada por un lado por el frente, y por el otro por las escombreras de estériles. En su interior existían varias zonas encharcadas, rellenas por aguas pluviales, o bien alimentadas a través de pequeños manantiales; éstos se formaron al haber cortado el antiguo frente de explotación niveles con algún grado de permeabilidad dentro de las arenas; en esas áreas encharcadas se desarrollaba una vegetación específica de freatofitas.

Todo el espacio afectado presentaba una escasa colonización vegetal, impedida por los procesos erosivos activos de arroyada. Aun cuando la vegetación original (potencial) correspondiera a la de un encinar-sabinar basófilo desarrollado sobre formaciones superficiales de naturaleza carbonática, al haber sido eliminado el coluvión para explotar las arenas, las especies que

aparecían colonizando los bancos de estériles y plaza correspondían, casi con exclusividad, a las series de sustitución de encinares sobre sustrato ácido.

8.2.1. Alteraciones en el medio

La explotación minera La Revilla originó una serie de efectos ambientales, cuya caracterización y valoración fue necesaria (Leopold *et al.*, 1971; González Alonso *et al.*, 1991).

Los estudios de impacto ambiental tienen como objetivo primordial identificar, caracterizar y valorar las consecuencias de determinadas actividades humanas en el territorio, normalmente *a priori*; se trata, por tanto, de una técnica eminentemente predictiva. Para el caso que nos ocupa, el estudio de impactos difería de este planteamiento, pues consistió en su identificación y valoración *a posteriori*, es decir, en una situación de abandono de la actividad.

Sin embargo, el objetivo último de este apartado no era un estudio de impactos; se buscaba únicamente caracterizar las causas y los efectos más importantes de la degradación, al objeto de orientar adecuadamente las medidas de restauración.


Al tratarse de un estudio *a posteriori*, la identificación consistió más en una caracterización de las alteraciones, que en la elaboración de hipótesis de afección (Aguiló *et al.*, 1992). Aún así, la identificación se representó mediante una matriz de doble entrada (tabla 8.1), en la que se relacionaron las acciones parciales de la actividad que ocasionaron los impactos, con los elementos y parámetros del medio que fueron afectados, aplicando para ello la metodología elaborada por Leopold *et al.* (1971). Siguiendo el modelo original propuesto por estos autores, se incluyó en dicha matriz una primera valoración de los impactos, en términos de 'magnitud' e 'importancia'. La magnitud es una medida del grado, extensión o escala del impacto, mientras la importancia evalúa su significado real (Leopold *et al.*, *ibidem*). Así por ejemplo, la magnitud de la alteración producida por el hueco generado por la explotación sobre la dinámica de las aguas subterráneas fue alta; sin embargo, su significado real era mínimo, dada la escasa importancia de los niveles acuíferos desarrollados en estas arenas. Por el contrario, las afecciones relativas a la vegetación, uso forestal y natural, o paisaje, aun siendo medias-altas, su significado real era muy elevado; todo ello, debido a la singularidad de los recursos dañados (ver tabla 8.1).

Acciones que han producido impacto				Infraest.		Modificaciones fisiográficas		Elementos y características del medio afectados por la explotación minera		
				Construcción de accesos y caminos interiores	Creación de huecos por extracción de mineral.	Acomulaciones de estériles y escombreras				
MEDIO ABIÓTICO	Gea	Relieve		1	7	5	13	27		
		Suelos		3	6	5	14	35		
	Agua	Superficial	turbidez	3	3	3	9	15		
		Subterránea	niveles perme.	2	6	6	3	13		
	Procesos	Erosión		3	7	6	16	42		
		Sedimentación		3	6	5	15	49		
		Fenómenos gravitacionales		2	6	8	16			
	MEDIO BIÓTICO	Flora	Especies y comun. vegetales		2	6	3	11	23	
			Capacidad de regeneración		3	6	3	12	34	
Fauna		Especies y poblaciones		1	4	3	8	12		
		Hábitat		1	+	3	4	14		
FACTORES CULTURALES	Usos del suelo	Forestal			3	3	6	26		
		Pastos		1	3	3	7	40		
		Agricultura			2	2	4			
		Recreo y ocio		+	5	4	9			
	Paisaje	Componentes		1	7	5	13	38		
		Cuenca visual			7	6	13	46		
		Calidad visual			7	5	12			
	Recursos culturales	Recursos natur. singulares			6	4	10		15	
		Valor histórico y arqueológico			3	2	5	29		
					22	101	75			
				18	137	105				
				22	176				198	
				18				242		260

Magnitud del impacto

Importancia

Magnitud del impacto



Importancia

Tabla 8.1. Identificación y valoración de los impactos producidos por la explotación abandonada, siguiendo el modelo de Leopold et al. (1971). Adaptado a partir de Ramos et al. (1979) y López Jimeno et al. (1989).

La identificación y valoración fue completada con una cualificación de los impactos (Leopold *et al.*, *op. cit.*; González Alonso *et al.*, 1991). En general, los efectos que permanecieron en la fase de abandono fueron los producidos por las modificaciones fisiográficas que en su día generó la explotación. Tales impactos fueron caracterizados como adversos (negativos), directos, permanentes, localizados en las inmediaciones de la actividad —excepto su alcance visual—, e irreversibles en tanto la acción de los procesos naturales era incapaz de recuperar las condiciones originales. En todo caso, muchas alteraciones podrían ser reversibles con la aplicación de medidas correctoras; sin embargo, el elevado coste que supondría recuperar algunos aspectos, como la morfología, hacía que llegasen a ser inviables económicamente, y por tanto irrecuperables. La superficie afectada de forma directa por la actividad fue de dos hectáreas, más otra hectárea alterada de forma indirecta por procesos de sedimentación de materiales procedentes de la erosión en la mina.

De carácter crítico se estimaron los efectos sobre el relieve y el paisaje, ya que el volumen de material extraído, y con ello la nueva morfología del terreno, imposibilitaban una restitución o restauración de las condiciones de partida.

El impacto sobre el paisaje fue significativo, al haber modificado profundamente la morfología y vegetación originales, e introducido contrastes y desajustes con los elementos del entorno. Dicho efecto aparecía como uno de los más singulares, al insertarse en un medio con una alta calidad paisajística.

Se consideraron impactos severos los generados: sobre las aguas superficiales, por alteración de su dinámica y red de drenaje, así como por un incremento en la escorrentía y en la producción de sedimentos, aumentando la turbidez aguas abajo de la explotación; sobre el suelo, al eliminar la cubierta edáfica original e inducir su erosión y degradación en las inmediaciones del área afectada; sobre la vegetación y los usos del suelo, al destruir la cubierta original (pastizal, matorral de sustitución, y arbolado) y disminuir la superficie forestal y pascícola, así como las posibilidades de uso como espacio natural.

La modificación de la topografía original del terreno produjo además una afección a la dinámica de las aguas subterráneas, al disectar pequeños niveles permeables, y originar flujos difusos en el antiguo frente de explotación. La alteración nunca fue significativa en cuanto a los recursos hídricos, por ser éstos de muy escaso interés; fue considerable, sin embargo, en tanto la formación de estos manantiales, al horadar las arenas, indujo procesos gravitacionales en los materiales suprayacentes. Este origen tuvo un importante deslizamiento traslacional ocurrido en el frente de explotación, el cual movilizó una masa de roca de 800 m³, dejándola en una posición inestable y con evidente riesgo de deslizarse o caer de nuevo (foto 8.3). Otros procesos gravitacionales inducidos en el frente fueron desprendimientos de bloques y avalanchas de rocas, que formaron conos y taludes de derrubios al pie del frente (foto 8.5).

Como severos fueron evaluados también los efectos que indujeron intensos fenómenos de erosión hídrica en toda la superficie afectada directamente por las labores mineras (frente de explotación, plaza y bancos de estériles), con la formación de regueros, acarcavamientos y sufusión, así como la sedimentación producida en los terrenos situados vertiente abajo de la antigua mina.

8.3. OBJETIVOS Y FACTORES CONDICIONANTES DE LA REHABILITACIÓN

La actividad extractiva constituyó una ocupación del territorio de carácter temporal, por lo que la reparación del terreno para instaurar nuevos usos fue el objetivo principal. A la hora de establecer el uso potencial adecuado, se consideró de manera determinante la realidad biofísica (aptitud o capacidad del territorio) y socioeconómica (que fuera aceptado por la población, susceptible de tener utilidad), determinando como uso más idóneo el 'natural', el cual podría simultanearse sin ningún conflicto con actividades de ocio y recreo de baja densidad, incluso silvopastoriles. La elección de este uso final iba a condicionar todo el diseño (morfológico, tipo de suelo, especies a utilizar en la revegetación, etc.).

En base a estas premisas, el objetivo último consistía en sentar las bases para la regeneración de un sistema natural capaz de reemplazar las funciones de las formaciones vegetales originales (masa forestal de encinar-sabinar sobre sustratos carbonáticos). Para ello, se hacía necesario:

- generar una morfología acorde con la de su entorno, capaz de reestablecer los procesos geomorfológicos naturales, y adaptarse a la dinámica morfológica regional;
- instaurar un nuevo equilibrio hidrológico, muy alterado ya con anterioridad a la explotación, y exagerado por ésta;
- favorecer los procesos de formación y evolución de suelo (edafogénesis, biostasia) como sustrato de la actividad biótica;
- establecer una cubierta vegetal inicial, creando las condiciones para que pudiera evolucionar por sí misma, bien de forma natural, bien dentro de un sistema silvopascícola, para llegar a configurar una formación de características similares a la original.

En el momento de abordar el diseño definitivo hubo que atenerse además a otros condicionantes, que pueden resumirse en un presupuesto económico muy reducido (4.800.000 ptas), y un escaso volumen de estériles disponible para utilizar en la rehabilitación.

8.4. EL DISEÑO GEOMORFOLÓGICO

Con todas las premisas señaladas, se trataba de diseñar con los estériles disponibles una morfología capaz de adaptarse a la evolución geomorfológica del entorno, a fin de que la restauración se produjera, en gran parte, de forma natural. Ésta fue, en síntesis, la filosofía del proyecto de rehabilitación: diseñar considerando la historia geomorfológica, la dinámica actual y las tendencias evolutivas del relieve, lo cual permitía poner en práctica un aspecto esencial de nuestra hipótesis de trabajo.

En este sentido, el estudio se apartó del enfoque otorgado a muchos proyectos de lo que se han venido denominando ‘restauraciones ambientales’, ‘ecológicas’ o ‘del paisaje’, excesivamente centrados en la revegetación, o en las consideraciones estéticas, sin tener en cuenta su viabilidad y evolución natural a largo plazo.

La experiencia en muchos de estos casos acaba demostrando que, salvo que exista un mantenimiento indefinido de los sistemas artificiales, cosa poco probable, la dinámica geomorfológica acaba imponiéndose; las superficies restauradas acaban evolucionando entonces de forma natural, y consecuentemente no siempre con los resultados deseados.

8.4.1. El estudio geomorfológico como punto de partida

El paso inicial fue la caracterización morfogenética, tomando como base el estudio geomorfológico realizado para la región (anexo *Análisis Geomorfológico*); a partir del mismo, se elaboró un esquema de detalle (figura 8.1).

A modo de resumen, algunos datos de interés de ese estudio son los siguientes: la explotación se situó en las laderas de un pequeño relieve residual tipo ‘mesa’, culminado por restos de una superficie estructural desarrollada a expensas de rocas dolomíticas; sobre esas laderas, eran frecuentes los regueros y las cárcavas, cuyo origen se estimó natural en buena parte de los casos, si bien con toda seguridad han estado favorecidos por actividades extractivas y procesos de roturación en tiempos históricos.

Tapizando las vertientes aparecían formaciones superficiales coluvionares de granulometría fina (limos), con niveles de mayor tamaño (grava); su naturaleza era esencialmente carbonática, por su formación a expensas de las dolomías suprayacentes a las arenas. Al pie de éstos se situaba un glacis que formaba una delgada cobertera arenosa, el cual enlazaba con la llanura aluvial del río del Pontón.

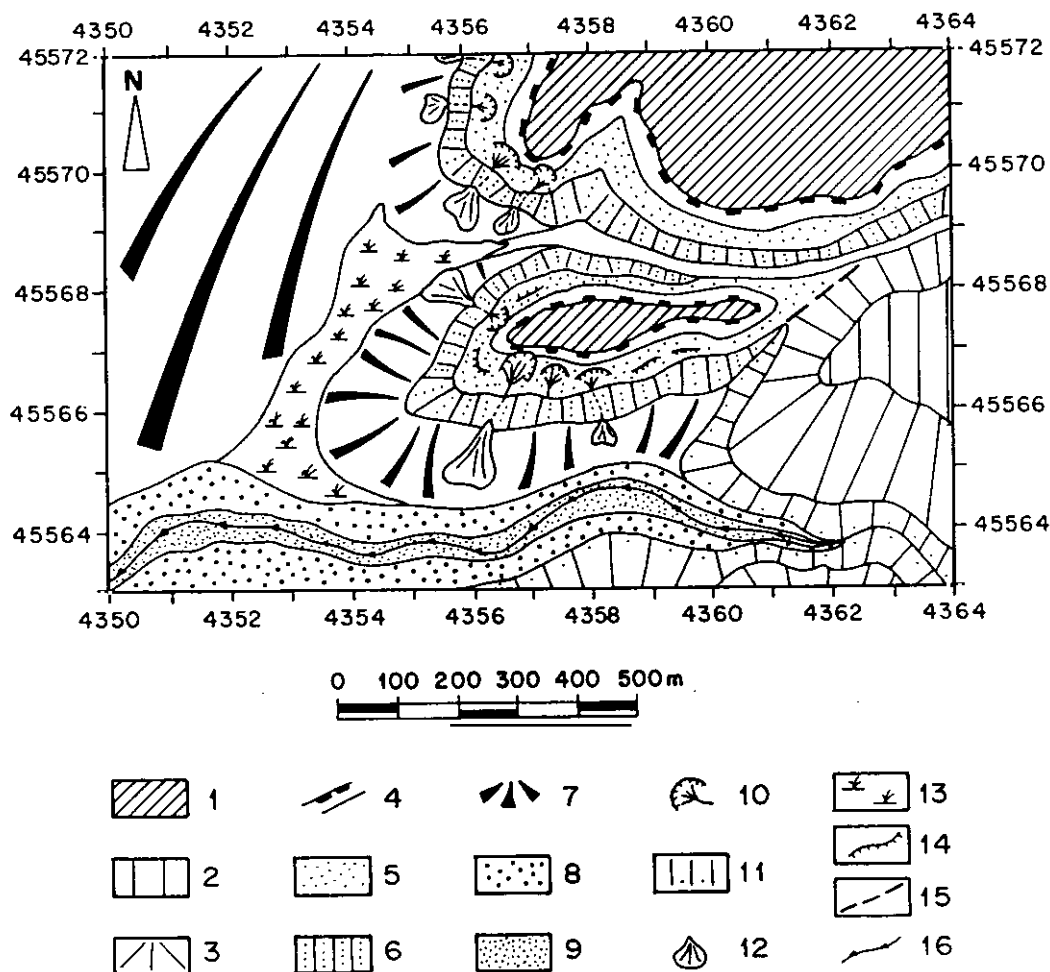


Figura 8.1. Esquema geomorfológico del entorno en el que se ubicó la antigua explotación minera La Revilla. Realizado a partir de fotointerpretación de pares estereoscópicos del año 1946 (vuelo americano, serie A), cuando aún no existía la explotación minera. Ésta se ubicó en el espacio delimitado por las coordenadas 45566-45567 y 4356-4359 (zona acarcavada). Leyenda: (1): superficie de erosión sobre materiales de la cobertera mesozoica, definiendo relieves tabulares (mesas y plataformas); (2) superficie de erosión formando piedemontes; (3) laderas de encajamiento tipo garganta sobre el macizo cristalino; (4) escarpe vertical en series horizontales y subhorizontales; (5) cuesta-talud sobre arenas silíceas; (6) coluvión carbonático; (7) glacis; (8) llanura aluvial o inundable (terrazza actual); (9) lecho menor (depósitos de barras); (10) cárcavas; (11) coluvión silíceo; (12) cono de deyección; (13) nava; (14) bancales agrícolas; (15) línea de falla con expresión morfológica; (16) cauce actual.

8.4.2. La clasificación del relieve

Dalrymple *et al.* (*op. cit.*) llevaron a cabo una clasificación en unidades morfométricas próxima a los elementos del relieve aquí diferenciados, caracterizando a su vez las unidades obtenidas en términos de procesos geomorfológicos y edáficos activos. Dichos autores llevaron a cabo esa clasificación para la mitad norte de Nueva Zelanda, lo que la haría aplicable a regiones con esas características; sin embargo, la idea de clasificación y caracterización es totalmente útil a nuestros propósitos, y únicamente se trataba de establecer los baremos morfométricos en que tienen lugar los distintos procesos para la región. Para ello se procedió a una primera aproximación mediante un estudio regional de las pendientes (figura 8.2).

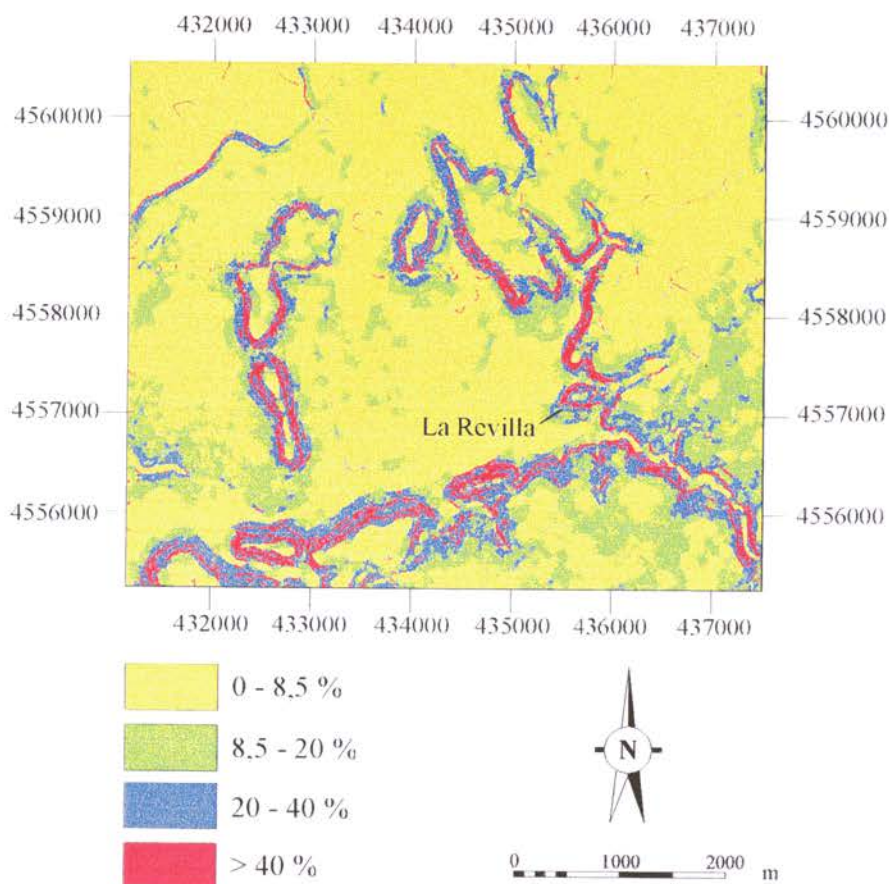


Figura 8.2. Mapa de pendientes del entorno en el que se ubica la explotación minera abandonada. Calculado mediante filtrado bidireccional del modelo digital de elevación (DEM) a partir de los mapas topográficos a escala 1:25.000 del I.G.N., utilizando el sistema de información geográfica ILWIS.

De esa correlación se desprendería lo siguiente: entre 0° y 5° (0-8,5%) aparecen terrenos llanos y relieves subhorizontales, correspondientes, bien a la culminación de relieves estructurales (antiguos niveles de arrasamiento, u horizontalidad de las capas), bien a superficies de exhumación de los materiales cristalinos; también a llanuras aluviales y fondos de valle. Las pendientes entre 5° y 11° (8,5-20%) corresponden en su mayoría a conos de deyección y glacia, desarrollados en el enlace con las llanuras inferiores. De 11° a 21° (20-40%) aparecen formaciones coluvionares, y vertientes de transición con las superficies culminantes. Las partes medias de las laderas de relieves estructurales tipo mesa y frentes de cuevas presentan valores de más de 21° (>40%). Por último, las pendientes superiores a 40° (84%) corresponden a escarpes, cornisas y cortados sobre rocas carbonáticas consolidadas, que culminan las laderas, y a zonas acarcavadas en arenas y arcillas. La configuración general de estas vertientes puede idealizarse como perfiles convexos en las partes superiores y cóncavos en las inferiores; en los flancos rectilíneos de las mesas y cuevas sería planar cóncavo-convexa, y convexa cóncavo-convexa en los cierres periclinales.

A partir de esa aproximación general se pasó a una clasificación morfométrica de detalle, referida ahora al entorno en que se ubicó la explotación. Según la propuesta que hemos venido desarrollando, las unidades distinguidas (elementos del relieve), fueron caracterizadas en términos morfométricos, y de procesos geomorfológicos y edáficos activos (figura 8.3). Dichas unidades y sus propiedades son:

- (1) *Superficie de infiltración (Ga-Ms-Dep/ct-Es/ke)*. Muy ligera convexidad, con pendiente de 0° a 4°. Procesos edáficos dominantes, asociados a la migración de agua y materiales en la vertical del subsuelo. Al desarrollarse sobre materiales dolomíticos, la infiltración produce en último término una carstificación.
- (2) *Ladera de infiltración (Ga-Ms-Dep/ct-Eg/ke)*. Sustrato de dolomías y areniscas dolomíticas. Ladera ligeramente convexa, con pendientes de 4° a 11°. De nuevo, los procesos edáficos son dominantes, debidos al movimiento vertical del agua dentro del suelo; en los rangos de pendiente más elevados comienza a haber movimientos laterales en el subsuelo.
- (3) *Ladera de reptación (Ga-Ms-Dep/ct-El/re)*. Presenta una clara convexidad y su rango de pendientes varía entre los 11° y los 25°. Dominan el lavado lateral y la escorrentía concentrada.
- (4) *Acantilado de caídas (Ga-Ms-Dep/ct-Ee/ce)*. Posee unas pendientes entre 50° y 70°, siendo su valor más común 65°. Se caracteriza por la exposición del material de sustrato (dolomías) y la ausencia de suelo y vegetación. El proceso dominante, y casi exclusivo, son las caídas.
- (5) *Talud de regueros (Ga-Ms-Dct/la-Et/are)*. Presenta pendientes entre 30° y 45°, si bien el valor más común oscila en torno a los 35°. Los procesos geomórficos dominantes son el transporte de material ladera abajo, generalmente por procesos de arroyada concentrada en regueros.
- (6) *Escarpe de cárcavas (Ga-Ms-Dct/la-Ee/ace)*. Pendientes escarpadas, mayores de 45°, con erosión activa de la arroyada concentrada. Se trata de la unidad más activa desde un punto de vista de la erosión hídrica.
- (7) *Talud coluvial (Ga-Ms-Dct/la-Et/cos)*. Aparece con fisonomía rectilínea o ligeramente cóncava. Pendientes entre 15° y 35°, con valores más comunes en torno a 25°. Se trata esencialmente de una zona de redeposición del material procedente de las partes superiores de la vertiente, ya sea por movimientos en masa o, lo más común, por acción de la arroyada, formando un coluvión. Además, aunque de forma minoritaria, tiene lugar un transporte ladera abajo y la migración subsuperficial de material.

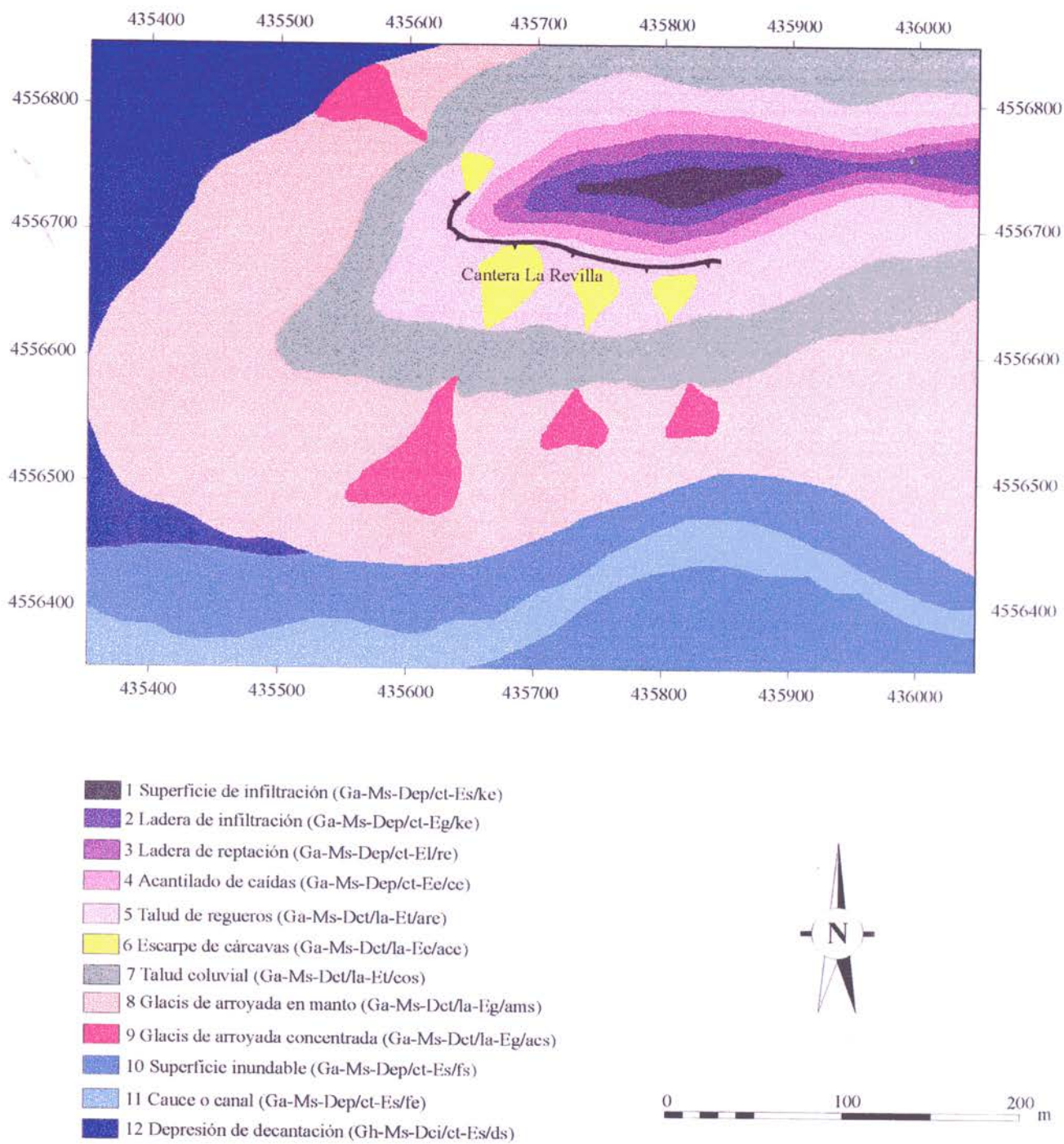


Figura 8.3. Cartografía de elementos del relieve en el entorno en que se ubicó la antigua explotación minera La Revilla

- (8) *Glacis de arroyada en manto (Ga-Ms-Dct/la-Eg/ams)*. Ladera con perfil cóncavo y pendientes que oscilan entre 4° y 15°. A su vez, podría subdividirse en dos unidades: de 4° a 11°, y de 11° a 15°. Dominan los procesos edáficos por movimientos verticales y laterales dentro del suelo y la arroyada en manto (deposición).
- (9) *Glacis de arroyada concentrada (Ga-Ms-Dct/la-Eg/acs)*. Perfil convexo y pendientes entre 4° y 15°. Deposición del material de arroyada procedente de la unidad 'escarpe de cárcavas', en pequeños conos de deyección, con frecuencia de carácter coalescente.
- (10) *Superficie inundable (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/fs)*. Perfil morfométrico prácticamente horizontal, en el que son casi exclusivos los procesos de edafogénesis. Esporádicamente tienen lugar procesos de aluvionamiento.
- (11) *Cauce o canal (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/fe)*. Área sujeta a la migración del canal principal, y por tanto a fenómenos geomorfológicos directamente relacionados con el funcionamiento de la corriente principal.
- (12) *Depresión de decantación (Gh-Ms-Dci/ct-Es/ds)*. Ocupa las zonas distales de los glacis, donde se acumulan los materiales más finos procedentes de las laderas. Desarrollan por tanto en su interior una formación superficial de tipo aluvial-coluviol (limo-arenosa) con procesos de decantación (arcillas). Por su carácter endorreico, son frecuentes en ellas los fenómenos de encharcamiento e hidromorfismo, con tendencia a la gleización.

8.4.3. El perfil definitivo

Derivado del estudio geomorfológico de partida (historia evolutiva del relieve) y de la caracterización de los elementos en términos de procesos geomórficos y edáficos actuales (tendencias evolutivas), se estimó que el diseño de restauración debía reconstruir un perfil de ladera cuya configuración se adaptase a la evolución de la ladera; es decir: perfil tipo glacis, y enlace con la ladera en forma de coluvión y talud de derrubios.

Esa fisonomía preveía el control de los procesos de esorrentía, así como la evolución en el tiempo de los procesos gravitacionales en el antiguo frente de explotación; con este último objetivo se creyó conveniente dejar un surco a pie del escarpe, cuya función fuera albergar el material procedente de éste, y configurar la citada morfología de ladera según una secuencia: pendiente convexa-escarpe o cantil-talud de derrubios-coluvión-glacis.

La posición concreta del perfil a reconstruir dependía de la cuantificación de los estériles disponibles. Con este objetivo, se realizó un levantamiento taquimétrico a escala 1:500 (con equidistancia entre las curvas de nivel de 1 metro) del área afectada por la explotación en la situación previa a su rehabilitación (figura 8.4).

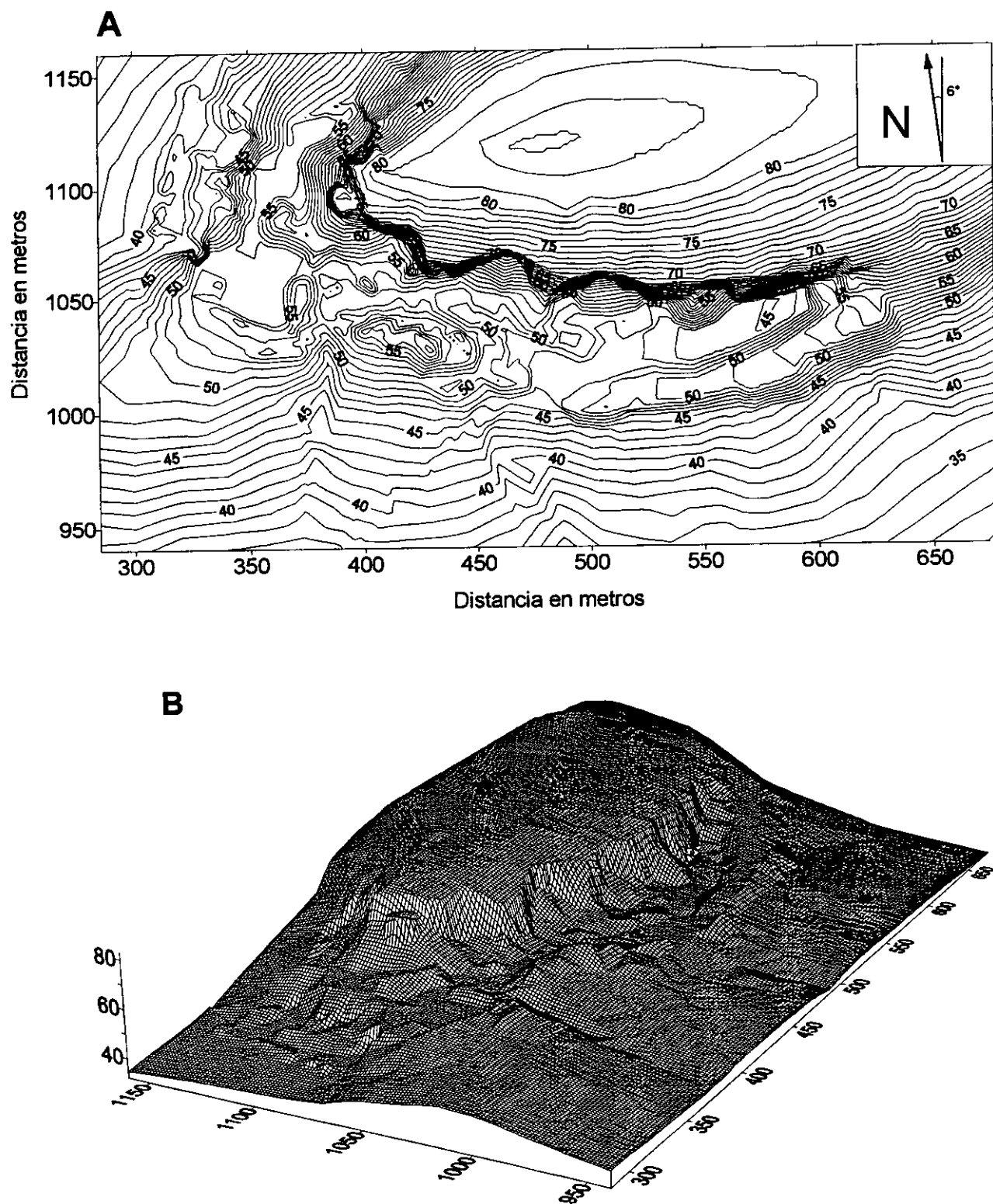


Figura 8.4. Situación de la explotación abandonada (estado preoperacional). A. Mapa topográfico. B. Bloque diagrama del entorno afectado, visto desde el SO (programa SURFER 5.1, Golden Software).

La optimización en la disposición de estos estériles para reconstruir la morfología deseada se desarrolló por cálculos geométricos. Así, analizando el perfil de la ladera original de forma bidimensional (figura 8.5), en una sección según la línea de máxima pendiente (perpendicular a las isohipsas), éste quedaría esquematizado por una función, $f(y)$, de tipo $a/(b+y^c)$, doblemente asíntótica a dos rectas con valores de y ctes., cotas de culminación de la ladera (y_{\max}) y base de la misma (y_{\min}).

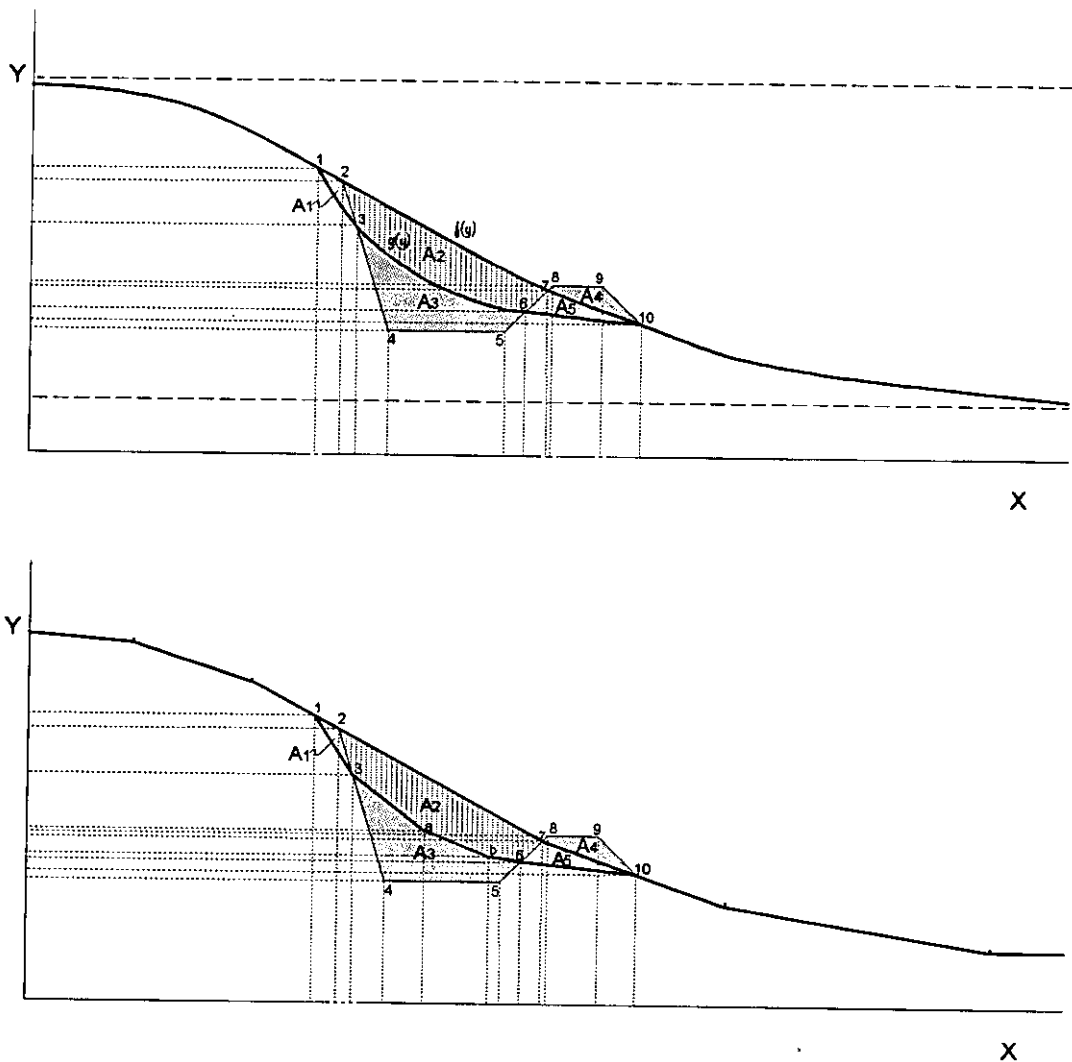


Figura 8.5. Representación gráfica para el cálculo de la optimización del material en el diseño del perfil final; en la parte superior se realiza mediante funciones, mientras que la figura inferior utiliza poligonización de las curvas.

Siguiendo este planteamiento, la superficie final que se pretendía conseguir tras el proceso de rehabilitación podría representarse mediante una segunda función de la misma forma que la anterior, $g(y)$, que intersecta a $f(y)$ en dos puntos (P_1 y P_{10} , extremos donde la ladera no sufre modificación alguna); de esta forma, la diferencia de las áreas existentes bajo ambas funciones mediante cálculos integrales, equivale al volumen específico (volumen por unidad de área) de material extraído y no recuperable para la rehabilitación (figura 8.7).

La superficie que tenía la explotación abandonada puede simplificarse como un conjunto de planos articulados en diedros, que analizada en dos dimensiones constituye una poligonal que intersecta a las funciones anteriores en varios puntos (ver figura 8.5); en total podríamos definir un total de diez puntos singulares a lo largo de los perfiles superpuestos (P_1 a P_{10}), y cinco áreas (volúmenes específicos) entre ambas curvas y la poligonal (A_1 a A_5).

A partir del movimiento de tierras se trataba de reconstruir una superficie cuyo perfil evolucionara con el tiempo hacia esa curva $g(y)$, estimada como la más estable desde un punto de vista geomorfológico por aproximarse a la original; de esta forma, igualando áreas:

$$A_1 + A_4 + A_5 = A_3$$

Por otra parte, el valor de V_e , volumen extraído, podría expresarse en términos de volúmenes específicos como:

$$V_e = (A_2 + A_3) - A_4$$

Ante la dificultad de conocer con exactitud la función $f(y)$, esta curva se discretizó mediante una poligonal de segmentos con pendiente conocida (rango regional de pendientes para este tipo de laderas); con ello los cálculos se simplificaban, pasando las integrales a un simple problema de cálculo de áreas mediante poligonización de los volúmenes específicos. Aparecen entonces dos nuevos puntos singulares (a y b) que definen nuevos tramos en la ladera final (ver figura 8.5, parte inferior).

Dado que el diseño de la rehabilitación debía contemplar la evolución del frente por procesos gravitacionales, era preciso dejar al pie del talud un surco capaz de albergar un volumen equivalente a A_1 ; calculando este área, pudo dimensionarse el surco, que en sección representa un triángulo con un lado curvo dentro de A_3 .

La extrapolación del perfil 'tipo' final al conjunto de la superficie nos permitió conocer el volumen de estériles utilizables (figura 8.7A), y su nueva ubicación como relleno según la morfología prevista (figura 8.7B). Con la disposición indicada de relleno, se obtuvo la nueva topografía (figura 8.8).

En definitiva, con el diseño establecido, se pretendía 'restablecer' cada uno de los elementos del relieve originales de la ladera (ver figura 8.3), o al menos sentar las bases para su futura formación, para que en cada uno de ellos tuviesen lugar los procesos geomorfológicos y edáficos potenciales, recuperando así la dinámica geomorfológica natural (figura 8.9).

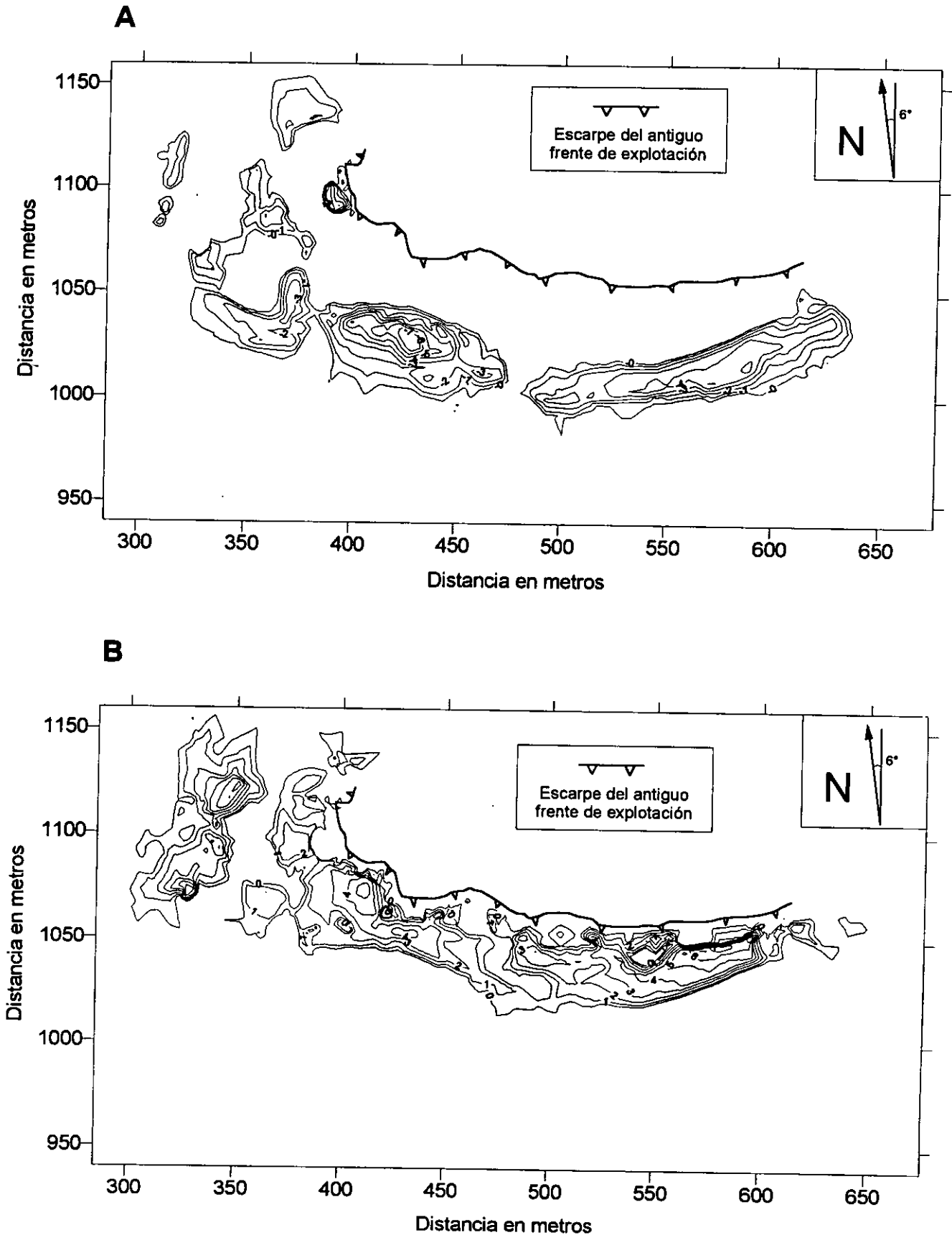


Figura 8.7. Mapa de residuales. A. Volumen y disposición de las tierras a mover según el perfil diseñado (los signos negativos indican el espesor en metros a sustraer). B. Volumen y nueva ubicación de los estériles, conformando la topografía diseñada (los valores indican el relleno en metros). El volumen total a movilizar estimado por el programa fue de 30.000 m³ (programa SURFER 5.1, Golden Software).

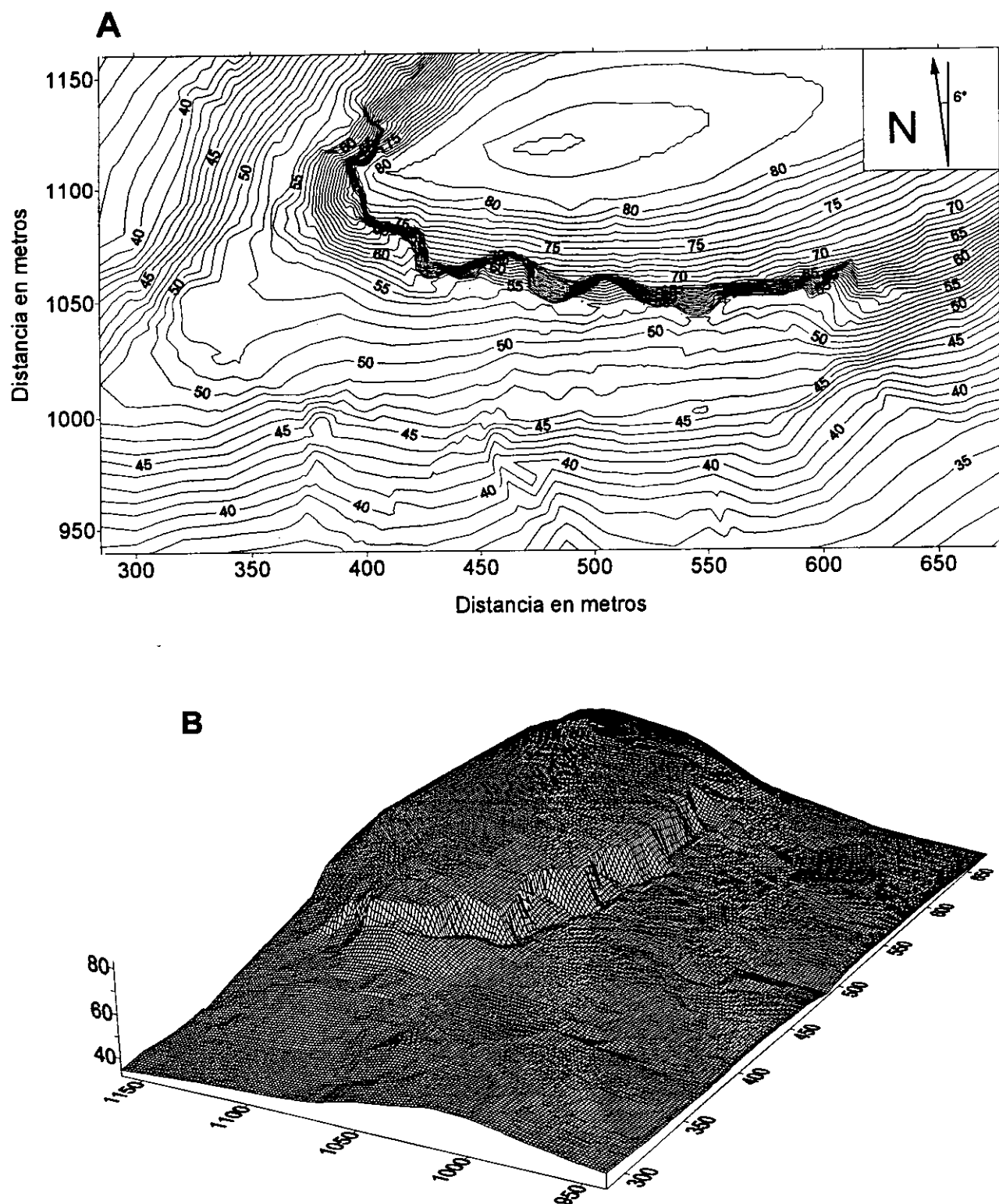


Figura 8.8. Situación prevista con la restauración. A. Mapa topográfico final. B Bloque diagrama visto desde el SO (programa SURFER 5.1, Golden Software).

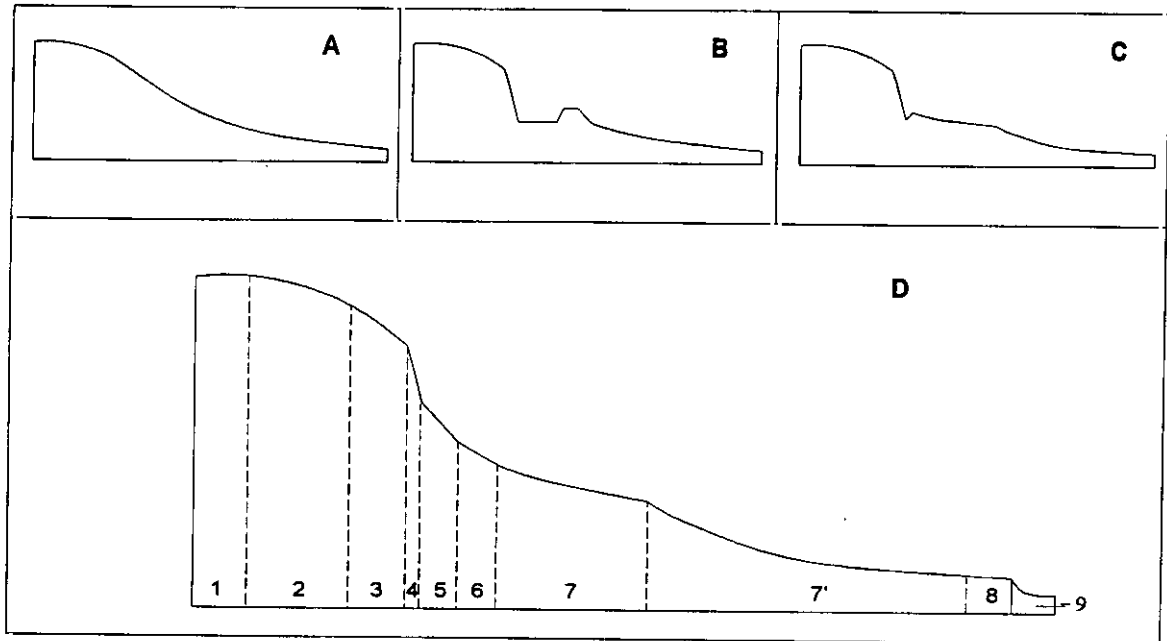


Figura 8.9. Evolución morfológica de la ladera. A: perfil de la ladera original; B: perfil tipo de la explotación abandonada; C: perfil alcanzado con la restauración; D: perfil previsto con la evolución geomorfológica, y unidades diferenciadas (esquema basado en el modelo de Dalrymple et al., 1968).

Dichas unidades y su descripción son las siguientes:

- Unidad 1. Superficie de infiltración (Ga-Ms-Dep/ct-Es/ke). Restos del relieve original.
- Unidad 2. Ladera de infiltración (Ga-Ms-Dep/ct-Eg/ke). Restos del relieve original.
- Unidad 3. Ladera de reptación (Ga-Ms-Dep/ct-El/re). Aunque constituyen porciones de la ladera original, está muy próxima al antiguo frente de explotación, por lo que, según la situación prevista, se verá afectada por los procesos gravitacionales de retroceso del escarpe.
- Unidad 4. Escarpe de caídas (Ga-Ms-Dep/ct-Ee/ce). Antiguo frente de explotación. El proceso dominante, y casi exclusivo, serán las caídas.
- Unidad 5. Talud de regueros (Ga-Ms-Dct/la-Et/are). Se trata de una morfología existente sólo en parte, pero que se generalizará con la evolución del frente y relleno del surco.
- Unidad 6. Talud coluvial (Ga-Ms-Dct/la-Et/cos). También se trata de una unidad no existente aún, que se formará por evolución geomorfológica.
- Unidad 7. Glacis de arroyada en manto (Ga-Ms-Dct/la-Eg/ams). Constituye la mayoría de la superficie a rehabilitar, donde se prevé la evolución edáfica y la colonización vegetal.

- *Unidad 7'. Glacis de arroyada concentrada (Ga-Ms-Dct/la-Eg/acs)*. Son restos de la ladera original tipo glacis, y su morfología sirve de modelo para la reconstrucción del perfil de la superficie restaurada.
- *Unidad 8. Superficie inundable (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/fs)*. Restos del relieve original.
- *Unidad 9. Lámina de agua, superficie inundada (Ga-Ms-Dcp/ct-Es/fe)*. Restos del relieve original.

8.5. EL SUELO Y LA REVEGETACIÓN

Tomando como base el diseño geomorfológico propuesto, se procedió a la elaboración definitiva del plan de restauración, complementado con los necesarios análisis sobre estériles y suelos, y la selección de especies vegetales.

8.5.1. Análisis edáficos

Los suelos originales formados a expensas de las arenas silíceas, consistían en arenosoles álbicos; los desarrollados sobre las formaciones superficiales coluvionares de naturaleza carbonática, eran cambisoles cálcicos y leptosoles rendsicos o rendsínicos. Para su mayor caracterización, se llevó a cabo una analítica de la catena de suelos originales que afectaban a todo el área de actuación, así como de los estériles con potencialidad edáfica existentes en la cantera (tabla 8.2). Por otro lado, se llevó a cabo una caracterización de los estériles procedentes de la antigua actividad extractiva, material con el que se iba a reconstruir la nueva topografía. Éstos presentaban texturas mayoritariamente arenosas, con muy baja proporción de finos (<10%); existía, además, algún banco de arcillas disperso. Entre las propiedades químicas, su pH oscilaba de medio a ligeramente ácido, y el contenido en materia orgánica era muy deficiente (<0,3%); los nutrientes eran prácticamente inexistentes y la toxicidad nula.

En base a esta naturaleza textural, y siempre ajustados al diseño geomorfológico, la rehabilitación contemplaba la disposición de los materiales más gruesos en las zonas inferiores, y los más finos en las superiores, imitando de este modo la seriación granulométrica de un perfil de alteración, más adecuado para la formación del suelo. Esta estructura permitiría, además, una mayor retención de agua inicial, y una lenta infiltración después, con su posterior acumulación en las partes más bajas, formando capas saturadas a modo de acuífero natural. Tal disposición posibilitaría simultáneamente conseguir una mejor estabilidad geotécnica.

Los antiguos coluviones, presentaban una alta potencialidad edáfica: en su gran mayoría poseían una textura franca, y en menor grado franco-arenosa (en torno a 40% de arena, 40% de limo y 20% de arcilla); su pH ofrecía unas cifras homogéneamente próximas a 8, valor en torno al cual la disponibilidad de nutrientes no se veía afectada (Bradshaw y Chadwick, 1980).

Tabla 8.2. Resultados de los análisis edáficos (servicio de análisis de suelos del Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC). LR-catena edáfica de la ladera original; correspondencia con las unidades morfológicas: LR-1, ladera de infiltración; LR-2, ladera de reptación; LR-3, enlace acantilado de caídas-talud de regueros; LR-4, parte superior del talud coluvial de naturaleza carbonática; LR-5, parte media del talud coluvial carbonático; LR-6, enlace talud coluvial-glacis de arroyada en manto; LR-7, parte superior del glacis de arroyada en manto. CO-1 a 5, corresponden a diferentes escombreras de antiguo material coluvionar, dispersas en la antigua explotación, y utilizables en el proceso de restauración.

MUESTRA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS				CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS									
	Análisis textural				pH	%				mg/100g				
	% arena	% limo	% arcilla	clasific. textural		N	m.o.	C	CO ₃ ⁼	P ₂ O ₅	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺
LR-1	27	55	18	F-L	7.00	0.309	7.14	4.15	14.4	9.0	10	126	0.5	21.0
LR-2	27	55	18	F-L	7.54	0.138	3.54	2.06	16.0	4.5	14	215	0.5	22.5
LR-3	33	50	17	F-L	7.86	0.146	3.74	2.17	16.4	4.5	10.5	300	0.5	19.0
LR-4	43	45	12	F	7.70	0.244	6.63	3.85	15.8	7.0	10	216	0.5	17.8
LR-5	58	26	16	F-Ar	7.79	0.086	2.28	1.32	17.5	6.5	7	386	0.5	20.8
LR-6	61	27	12	F-Ar	7.74	0.252	5.44	3.16	16.2	17.0	20	276	0.5	19.5
LR-7	45	40	15	F	7.69	0.131	3.74	2.17	18.3	76.0	12	117	0.5	17.0
CO-1	33	42	25	F	8.00	0.012	0.41	0.24	21.0	11.0	6	235	0.5	34.3
CO-2	41	35	24	F	7.98	0.015	0.27	0.16	23.4	9.5	5	250	0.5	26.5
CO-3	66	20	14	F-Ar	8.00	0.011	0.27	0.16	12.1	9.0	4	168	0.5	13.3
CO-4	84	6	10	Ar-F	8.03	0.008	0.44	0.26	1.1	9.0	2	30	0.5	3.5
CO-5	90	3	7	Ar	8.18	-	0.54	0.32	0	<1	2	12	0.5	3.0

El contenido en materia orgánica pudo estimarse como deficiente ($<1\%$), si bien para este objetivo se consideró aceptable; el contenido en nutrientes sin embargo era muy bajo, hasta el punto de clasificarse como materiales deficitarios en nutrientes esenciales (N,P,K).

A la vista de estos resultados, se determinó que el material coluvionar disperso entre los estériles, disponible en cantidades importantes, se mostraba muy adecuado para desarrollar el futuro suelo. Todo ello por varias razones: (a) constituyó el sustrato sobre el que se desarrollaron los suelos originales de la ladera, previamente a la actividad extractiva; (b) la naturaleza del sustrato que quedó como resultado de la explotación (arenas silíceas y arcillas), requeriría en cualquier acción rehabilitadora la enmienda de materiales de composición carbonática, a fin de elevar el pH hasta la neutralidad (en este caso incluso convertirlo en ligeramente básico); (c) presentar unas características texturales óptimas para el desarrollo edáfico (textura franca); (d) incluir restos del banco de semillas original del suelo; (e) contener, aunque en bajas proporciones, ciertas cantidades de nutrientes principales y materia orgánica.

Sin embargo, estos resultados mostraban también a las claras la necesidad de añadir fertilizantes químicos sobre este sustrato edáfico, al objeto de comenzar un nuevo proceso encaminado a desarrollar una cubierta vegetal.

Asimismo, la baja proporción de nitrógeno indicaba la necesidad de utilizar especies fijadoras de este elemento en el proceso de revegetación (leguminosas), las cuales, utilizadas conjuntamente con gramíneas, favorecerían el establecimiento de una cobertera vegetal de forma rápida, susceptible de generar materia orgánica incorporable al suelo y facilitar con ello el desarrollo de horizontes con humus, como paso inicial para la evolución edáfica y vegetal.

8.5.2. La selección de especies

La selección de las especies a utilizar en el proceso de revegetación se determinó con la colaboración de especialistas (Pedro Cifuentes, comunicación personal). Ello indica que, aun cuando la participación geomorfológica pueda ser decisiva como en este caso (análisis geomorfoedáfico), en una u otra medida se requiere la colaboración de otros expertos al tratarse de trabajos muy específicos.

8.6. HIPÓTESIS SOBRE LA EVOLUCIÓN ECOLÓGICA Y PAISAJÍSTICA DEL DISEÑO GEOMORFOLÓGICO

Al objeto de evaluar de la forma más objetiva posible las aportaciones del diseño geomorfológico al proceso de restauración se llevó a cabo una estimación de la calidad ambiental de determinados parámetros del medio para distintos momentos: con anterioridad a la explotación minera; estado operacional; situación de abandono; y resultado previsto por

la rehabilitación (contemplando en esta última la hipótesis más optimista y la más pesimista).

Esa evaluación de la calidad del medio bajo diferentes supuestos temporales parte de la idea, y se basa en lo esencial, en el método de valoración ambiental desarrollado por el laboratorio Batelle (Whitman, 1971; Batelle-Columbus, 1972), siendo la base de dicha valoración nuestro estudio histórico-natural (ver anexo *Análisis Geomorfológico*) y de la transformación territorial antrópica (ver capítulo 6). Las conclusiones obtenidas de esta estimación fueron las siguientes:

- Con anterioridad a la instalación de la cantera, las condiciones del espacio en que se insertó la explotación minera presentaban un acusado nivel de degradación debido a prácticas agrosilvopastoriles históricas; en definitiva, un considerable alejamiento de su sistema potencial forestal (sabinar-encinar), con elevado grado de deforestación, e importantes fenómenos de erosión del suelo (acarcavamientos). Este hecho pudo comprobarse a través del estudio de fotografías aéreas de los años 1946 y 1956 (ver figura 8.1).
- Las actividades extractivas produjeron una alteración ambiental elevada, habiendo modificado el relieve y el paisaje, eliminado la cubierta vegetal y edáfica, e inducido importantes procesos de erosión y movimientos gravitacionales.
- El diseño de restauración propuesto, teniendo en cuenta todas las variables referidas, introducía unas condiciones morfodinámicas, hidrológicas y edáficas óptimas, más favorables incluso que las existentes con anterioridad a la apertura de la mina. Dichas condiciones permitían el establecimiento de una cobertera vegetal estable, capaz de evolucionar por sí misma, e instauraban una potencialidad para determinados usos (forestales, pascícolas, vida silvestre) también mayores a las existentes inmediatamente antes de la explotación; incluso la calidad ecológica mejoraba en el peor de los supuestos de la rehabilitación con respecto a la situación anterior a las actividades extractivas.
- Sin embargo, el gran volumen de material extraído, imposible de restituir, limitaba la recuperación de la morfología y estructura originales del paisaje, siendo éste el principal condicionante de la rehabilitación. No obstante, el resultado final simulaba la erosión natural de muchos frentes de cuesta (ver foto 8.14).

En definitiva, el diseño propuesto, basado en un conocimiento de la geomorfología dinámica y evolutiva, permitía al sistema evolucionar de forma natural, lo que con el tiempo aproximaba las características del territorio restaurado a las del medio en condiciones de no intervención antrópica (ver figura 5.8, pág. 123).

8.7. DISCUSIÓN

La ejecución del proyecto se llevó a cabo entre los meses de enero y febrero de 1995, siguiendo el diseño propuesto (ver fotos 8.3 y 8.4). Casi dos años después, los resultados

obtenidos muestran cómo se han establecido las condiciones necesarias para que la restauración de los terrenos se produzca en buena parte de forma natural (ver foto 8.13).

A la vista de esos resultados puede concluirse la utilidad del procedimiento de clasificación y caracterización de elementos del relieve en el diseño de restauraciones de terrenos degradados. En efecto, la participación geomorfológica en este tipo de proyectos es amplia en tanto se trata de transformaciones que afectan a la estructura del relieve, y las soluciones requeridas precisan la participación de especialistas; el tipo de análisis necesarios son entonces muy específicos (en este caso levantamientos topográficos de detalle y análisis edáficos).

Otra conclusión que puede extraerse es la siguiente: en explotaciones mineras abandonadas, la recuperación y utilización de antiguos suelos o formaciones superficiales, mezclados con los estériles, suponen la mejor y más barata garantía para la recuperación de las características del suelo inicial, aun cuando se haga imprescindible la aplicación de enmiendas edáficas. Por ello, cuando los presupuestos para acometer obras de restauración ambiental son reducidos, es preferible invertir el máximo coste en el movimiento de tierras, generando un sustrato y una morfología adecuados al sistema geomorfológico-hidrológico-edáfico, teniendo una alta probabilidad de que las condiciones de recuperación se establecerán progresivamente. Aun así, es necesario asegurar unas características edáficas mínimas y una revegetación inicial. En este sentido, creemos necesario recordar que todo el proceso se ha llevado a cabo con un presupuesto inferior a cinco millones de pesetas, para una superficie de dos hectáreas.

En definitiva, la participación en este tipo de proyectos de restauración ha sido una de las más fructíferas de las contempladas en la hipótesis inicial de este trabajo, y sin duda, la que mejor ha permitido 'validar' la aplicabilidad del conjunto de conocimientos geomorfológicos a determinados estudios del medio físico, que bien podría expresarse del siguiente modo: el estudio de la dinámica geomorfológica (pasada y actual) aporta información significativa para conocer la manera más adecuada de insertar o 'gestionar' determinadas actividades humanas en el territorio "según la dirección deseada" (en este caso 'protectora'). Así, la utilización de criterios geomorfológicos en los trabajos de restauración y rehabilitación ambiental condiciona en buena medida el éxito del proceso a largo plazo, en tanto supone adaptar el diseño a la evolución natural del sistema; lo que en el conocido argumento de McHarg (1969) sería "diseñar con la Naturaleza". A su vez, los resultados obtenidos permiten discutir acerca de la 'filosofía' de muchas restauraciones, pues con bastante frecuencia son: bien 'tratamientos cosméticos', bien obras de ingeniería costosas y de dudosa eficacia; también son frecuentes los ejemplos centrados casi exclusivamente en la revegetación.

En resumen, los criterios geomorfológicos en procesos de restauración de terrenos degradados permiten diseñar morfologías capaces de establecer los procesos de morfogénesis y edafogénesis potenciales, y favorecer una regeneración natural del medio a medio y largo plazo. En estos casos es posible hablar de verdaderas 'restauraciones geomorfológicas'.



Foto 8.1. Panorámica de la explotación minera abandonada.

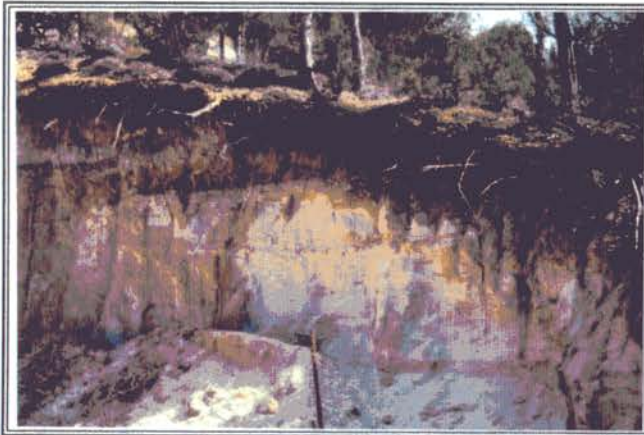


Foto 8.2. Suelo original desarrollado sobre las arenas explotadas. En general se trata de arenosoles álbicos y lúvicos; localmente, sin embargo, aparecen suelos de mayor desarrollo (cambisoles).



Foto 8.3. Ejecución del proyecto. Desmonte de grandes bloques inestables, deslizados traslacionalmente del antiguo frente de explotación.



Foto 8.4. Ejecución del proyecto. Reconstrucción de la morfología original tipo glacis, según el diseño propuesto.



Foto 8.5. Talud de derrubios adosado al antiguo frente de explotación. El diseño elaborado contempla la evolución de la ladera por fenómenos gravitacionales de este tipo, y su consiguiente tendencia a la regularización.



Foto 8.6. Vista general del frente y la plaza de la mina (sector occidental) en el estado previo a la restauración.



Foto 8.6. Vista del sector occidental tras la restauración.



Foto 8.8. Vista del sector central de la mina desde la parte superior del frente de explotación. Los estériles se sitúan en montículo y escombreras, y presentan reguerrización y acarcavamiento.



Foto 8.9. Situación del sector central tras la restauración; en la parte inferior derecha puede observarse el surco diseñado para recibir material del frente.



Foto 8.10. Vista del sector centro-occidental de la mina en el estado previo a la restauración.

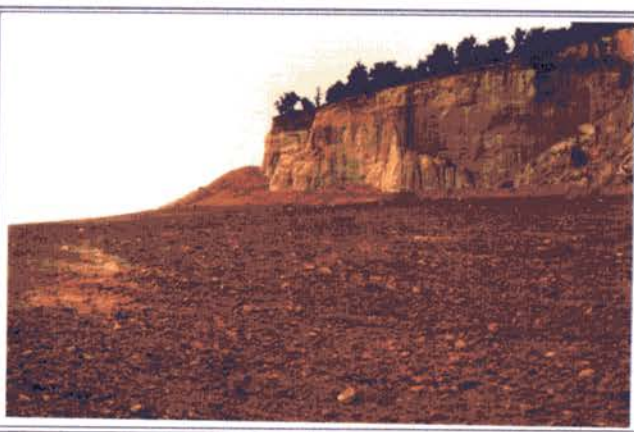


Foto 8.11. Vista del sector centro-occidental tras la restauración.



Foto 8.12. Vista general del sector centro-oriental de la mina previamente a su restauración. Las escombreras de estériles se distribuyen anárquicamente por la plaza, dejando restos aislados con los materiales de la ladera original (primer plano).



Foto 8.13. Situación del sector centro-oriental de la explotación tras la restauración. El movimiento de tierras generó una morfología estable; sobre ella, las mejoras edáficas y las siembras han facilitado el rápido crecimiento de la vegetación herbácea.



Foto 8.14. Vista aérea de la superficie restaurada (mayo, 1996). Foto Paisajes Españoles.

Este trabajo está sustentado en la hipótesis de partida según la cual: los conocimientos procedentes del campo de la Geomorfología no han alcanzado todo su potencial contributivo al desarrollo metodológico de los estudios del medio físico y la planificación territorial.

La planificación territorial con bases ecológicas, planificación ecológica, o planificación integrada, es la herramienta más adecuada para abordar los denominados 'problemas ambientales'; dicha tesis está avalada por la experiencia de todos aquéllos que han trabajado en estos temas. Desde esta perspectiva, se pretende superar análisis parciales aplicados a la resolución de problemas concretos, y llegar a estudios globalizados. Así pues y a pesar de su escasa consideración actual, prácticamente irrelevante respecto a los procedimientos de evaluación de impactos ambientales por ejemplo, la planificación ecológica o integrada debería ser el objetivo a perseguir por gestores, técnicos, y sociedad.

En los estudios integrados siguiendo procedimientos 'fisiográficos', las unidades de actuación se delimitan en base a criterios que, mayoritariamente, responden a la evolución histórico-natural del territorio problema; incluido el hombre y sus actuaciones, como un 'componente' más. Por este motivo es más adecuado definir los denominados 'usos vocacionales' siguiendo estos métodos, ya que trabajan con la potencialidad 'natural' del territorio. Además permiten combinarse con técnicas paramétricas, puesto que, a partir de un cierto nivel de detalle, asumen que los problemas del espacio donde se localizan y los parámetros implicados sólo pueden abordarse mediante análisis temáticos integrados. Dados el tipo, jerarquía, y escala espacial de los conflictos ecológicos actuales, entendemos que los procedimientos fisiográficos deben ser revitalizados si se quiere llegar a un desarrollo integral de la planificación.

Una clasificación fisiográfica, debe asumir las ventajas y limitaciones que implica considerar la superficie terrestre como un ente dinámico: posee una configuración actual, pero también una historia y una tendencia futura. Por ello, su procedimiento ha de basarse en la 'síntesis' de los aspectos geográficos y geológicos. Por su carácter de ciencia puente entre las anteriores, la Geomorfología se presenta como el campo de conocimientos ideal para abordar este tipo de clasificaciones.

La Geomorfología Aplicada, o Ambiental, debería intensificar sus aportaciones a la resolución de los problemas derivados de las actuaciones humanas en el territorio. Junto a los estudios sobre riesgos naturales, sin duda los más desarrollados, habrá de incidir en trabajos sobre planificación integrada, evaluación de impactos ambientales, restauración ecológica, y paisaje. Todos ellos presentan grandes posibilidades de aplicación en muchas regiones peninsulares, con baja incidencia de los riesgos naturales y sin embargo con otra problemática recogida por normativas específicas (Ley del Suelo, Reales Decretos sobre EIA o restauración del espacio natural afectado por actividades mineras).

El conjunto de esas aplicaciones, incluidos los riesgos, tienen su tratamiento más adecuado dentro de la planificación integrada; ésta precisa de sistemas de análisis cuyo punto de partida son clasificaciones que se apoyan en unidades territoriales homogéneas, siendo su rasgo más evidente la fisonomía del terreno. Teniendo en cuenta que la Geomorfología se ocupa de este tema y lo completa con criterios dinámicos y evolutivos, las clasificaciones del relieve son la aportación sintética que hace esta ciencia a los estudios de planificación integrada.

En conclusión:

Reafirmamos la tesis según la cual: el medio natural presenta cualidades aptas para ser considerado como un factor limitante en el uso del territorio.

El territorio es un ente global, pero nuestra aproximación al mismo la realizamos mediante métodos de conocimiento (ciencias) que lo estructuran según unas porciones sistémicas jerarquizadas. Es de primordial importancia 'poner de acuerdo' la jerarquía de los problemas que se trate de resolver, con la establecida por los métodos científicos. En este sentido, la planificación integrada debe basarse en 'criterios objetivos evidentes' para delimitar unidades territoriales.

La Geomorfología, en tanto es una ciencia que se ocupa de la configuración del terreno (morfografía o morfotopografía), tiene capacidad para aportar muchos de esos 'criterios objetivos evidentes' que, además, están dotados de un alto grado de permanencia. Por otra parte, en tanto es una síntesis de todos los atributos abióticos que componen la superficie terrestre, tiene también capacidad para 'llenar de contenido' esas unidades territoriales y permitir su correlación geográfica (espacial o de distribución sobre la superficie terrestre) y geológica (temporal o evolutiva a través de la historia natural).

El marco adecuado para plasmar esos criterios son las unidades del relieve, jerarquizadas según los niveles conceptuales que cabe deducir a partir de los conocimientos aportados por las Ciencias de la Tierra. Los básicos son:

- 1. El evolutivo a escala global, que permite conocer relaciones a lo largo de la historia de la Tierra (geológicas).*

2. *El espacial a escala de la superficie terrestre, que permite establecer relaciones de distribución entre sus elementos (geográficas).*
3. *El genético a escala sectorial, que marca los atributos distintivos de cada uno de los elementos que, dada su función, aíslan los diversos campos del conocimiento.*
4. *El dinámico-configuracional, que analiza las relaciones intrínsecas dentro de lo sectorial.*

De acuerdo con esta jerarquía, una clasificación geomorfológica del relieve básica puede plantearse según los siguientes niveles (de mayor a menor rango espacial): regiones físico-geológicas, regiones geomorfológicas, dominios del relieve y elementos del relieve. Para establecer los dos primeros niveles, se sigue un método de análisis deductivo y de compartimentación; para establecer los dos últimos, se sigue un método de síntesis inductiva y agrupamiento.

Para transformar esta clasificación del relieve en otra aplicada a los problemas ambientales, deben equipararse ambas jerarquizaciones, es decir: la del relieve y la de los problemas.

Teniendo en cuenta la incidencia territorial de las transformaciones debidas a la actividad humana, puede considerarse que la problemática derivada de ello se ajusta a la siguiente jerarquía: global, regional, comarcal y local.

Partiendo de la clasificación del relieve, y considerando la jerarquía de los problemas, se hace una propuesta para reconvertir aquélla en otra de unidades integradas aptas para planificación. La jerarquía resultante es (de mayor a menor rango espacial): regiones naturales, regiones fisiográficas, comarcas fisiográficas, y unidades ambientales.

Para establecer las regiones naturales es imprescindible considerar criterios globales. Cabe precisar que para esta categoría, y hasta el momento, no se han desarrollado verdaderas unidades integradas: bien se ha recurrido a criterios biogeográficos (taiga, tundra, sabana, etc.), climáticos (zona fría, templada, etc.), o geológicos (escudos, plataformas, cordilleras, etc.). Debido al grado de abstracción a que se trabaja en este nivel, el factor humano es poco relevante en la definición de la unidad, y aquí puede situarse el calificativo 'natural'. En definitiva, la planificación integrada a este nivel (escala planetaria) precisa políticas ambientales que se basen en la realidad de las grandes regiones naturales terrestres; dichas unidades tendrían que definirse mediante la combinación de las regiones físico-geológicas y biogeográficas.

En cuanto a las regiones y comarcas fisiográficas, proceden de una generalización de contenidos a partir de los límites morfográficos; dicha generalización se basa en las relaciones entre todos los factores del medio presentes en esa unidad. A estos niveles es imposible abstraerse de las acciones antrópicas que, para una clasificación del medio físico, deben considerarse un factor más; por esta razón, entendemos que el calificativo 'naturales' que asignaron los geógrafos y naturalistas clásicos españoles a regiones y comarcas, debe sustituirse por el de 'fisiográficas'.

La categoría de regiones fisiográficas es eminentemente sintética y cumple sobre todo una función de 'correlación' o situación, al objeto de establecer planes y políticas ambientales; dada su utilidad en los objetivos propuestos, y la relativa facilidad en su cartografía, esas unidades tendrían que estar determinadas para toda la Península y servir como 'punto de partida' en la realización de trabajos de planificación integrada a escalas más detalladas, 'dirigiendo' planes y programas específicos a cada región en función de sus características naturales intrínsecas.

El ámbito comarcal corresponde al nivel básico de trabajo en planificación territorial (comparación de alternativas de usos) y requiere métodos multi o pluridisciplinarios. Las comarcas fisiográficas constituyen unidades apropiadas para evaluar el nivel de autorregulación-antropización del medio; es decir, el grado de desviación del sistema potencial, y la existencia de usos inadecuados.

En un contexto más concreto que el anterior tiene lugar la ejecución del planeamiento o, en sentido más general, el desarrollo de los distintos usos y actividades humanas en el territorio (nivel de gestión, proyectos). A estas escalas por tanto, los estudios del medio físico atienden a problemas concretos: evaluación de impactos localizados, restauración de espacios degradados, etc. Se trabaja en detalle y los datos que se manejan son ya muy específicos; la información debe estar medida y caracterizada con rigor, y normalmente se obtiene in situ con técnicas que no admiten errores. En este nivel, la información geomorfológica se integra con la procedente del resto de especialistas, y sólo llega a ser determinante para ciertas evaluaciones territoriales. La más considerada son los mapas de riesgos naturales asociados a procesos exógenos; no obstante deberán desarrollarse más otros aspectos, sobre todo aquéllos que permitan realizar valoraciones intrínsecas del territorio en base a atributos del relieve, en especial, equilibrio y tendencias evolutivas. Un caso destacado es la recuperación de terrenos que han estado sometidos a actividades mineras, agrícolas, forestales, etc., donde es preciso restablecer 'morfologías', 'procesos' y 'capacidades edáficas'. Un diagnóstico dinámico-evolutivo de los elementos del relieve (cuál es la historia del territorio y hacia dónde evoluciona) constituye un documento muy valioso para la gestión territorial.

Aunque la correlación entre estas jerarquías y los diferentes ámbitos administrativos y normativos sea problemática, puede establecerse una aproximación como sigue: programas y políticas supraestatales (nivel mundial, internacional) con regiones naturales; programas, leyes, y planes nacionales (nivel estatal y autonómico) con regiones fisiográficas; planes, y normas supramunicipales (nivel provincial, mancomunal, comarcal) con comarcas fisiográficas; planes y normas municipales (nivel local, municipal) con unidades ambientales.

En la aplicación de la propuesta, los principales problemas detectados han sido:

- La ausencia de un banco de datos sobre el medio físico, adecuadamente estructurado y apto para su aplicación inmediata. Este hecho resulta sorprendente teniendo en cuenta que el territorio problema se localiza en el entorno de una gran ciudad como Madrid y está sometido a notables expectativas de cambios de uso; es necesario destacar además que las técnicas de SIG nacieron prácticamente para resolver este tipo de deficiencias.*
- La imposibilidad por el momento de establecer las regiones naturales propuestas, dada la tradición de las clasificaciones bioclimáticas a ese nivel.*
- La mayoría de las clasificaciones previas a ésta efectuadas en la zona, presentan una notable indefinición en lo referente a los límites de grandes unidades (equivalentes a las regiones fisiográficas). Por ello, consideramos que los criterios geomorfológicos y las técnicas de teledetección y modelos digitales del terreno, son imprescindibles para este cometido.*
- A nivel de comarcas, las coincidencias entre ésta y otras clasificaciones siguen siendo escasas. También aquí existen problemas para establecer los límites de las unidades, quizás por haberlos basado en criterios dispares (históricos, políticos, naturales, etc.); prueba de ello es el hecho de que no haya llegado a consolidar ninguna clasificación territorial con ámbito comarcal.*
- En una primera aproximación, el territorio analizado destaca por una 'cierta naturalidad'; sin embargo ésta es una apreciación subjetiva condicionada por el contexto regional, es decir, en comparación con la vertiente meridional. El análisis detallado de los elementos del relieve y la dinámica actual, demuestra que los 'procesos naturales' han dejado de existir como tales en amplias zonas y, si acaso, quedan circunscritos al dominio de los macizos montañosos y cursos fluviales principales. Esto se debe a una actividad ancestral y acumulativa sobre el medio, ligada a prácticas agrosilvopastoriles que, de forma extensiva, han modificado la cobertura vegetal y los suelos.*

- Desde el punto de vista 'intensivo' pero puntual, los efectos más importantes derivan de otra actividad tradicional como es la minería de arenas y arcillas. La aplicación del análisis geomorfológico detallado, a nivel de elementos del relieve, ha permitido desarrollar un procedimiento de restauración del paisaje original, que otorga gran importancia a los aspectos morfográficos y de procesos actuales.
- En su mayoría, los riesgos naturales a que está sometida la zona son inducidos por la actividad antrópica. Destacan la erosión del suelo y los fenómenos gravitacionales.
- En la participación antrópica como agente que interfiere el normal desarrollo de los procesos naturales, es importante tener en cuenta que aquí se muestra de forma nítida la clásica afirmación: "el hombre como agente geomorfológico". Aun siendo en principio un territorio con baja densidad de población y a priori, como ya se dijo, conservando cierta naturalidad, al cuantificar la cantidad de material movilizado por el 'agente antrópico' sorprende que el orden de magnitud sea tres veces superior a la de los agentes geomorfológicos naturales. Independientemente de los reajustes a que puede someterse el resultado obtenido, ese dato hay que contextualizarlo y valorar el hecho por el cual la acción antrópica sobre el medio físico se ajusta a una escala 'rápida', 'selectiva', e 'irregular', mientras la natural es en principio, 'lenta', 'persistente', y 'constante'.

REFERENCIAS

- Abad, J., Hidalgo, E. *et al.* (1982). *Mapa geocientífico del Medio Natural. Provincia de Almería. Escala 1:100.000.* 2 tomos, IGME, Madrid.
- Abelló, R.P., Andrés, A. *et al.* (1982). *Plan Especial de Protección del Medio Físico de San Ildefonso-La Granja.* Ayuntamiento de San Ildefonso-La Granja, Segovia.
- Agueda, J.A., Cendrero, A. *et al.* (1984). *Panorama actual de la Geología Ambiental.* En: *I Congreso Español de Geología.* V: 99-130, Segovia.
- Aguiló, M. (1981). *Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje.* Tesis Doctoral, ETSIM de Madrid, UPM.
- Aguiló, M., Andrés, L. *et al.* (1987). Varios términos. En: A. Ramos (coord.), *Diccionario de la Naturaleza. Hombre, ecología, paisaje.* Espasa-Calpe, Madrid.
- Aguiló, M., Aramburu, M.P. *et al.* (1992). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología* (1ª edición 1981). Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.
- Aitchison, G.D. and Grant, K. (1967). The PUCE programme of terrain description, evaluation and interpretation for engineering purposes. *Proc. 4th Reg. Conf. Africa Soil Mech. Fdn Engng.*, 1, 1.
- Aitchison, G.D. and Grant, K. (1968). Terrain Evaluation for Engineering. In: G.A. Stewart (ed.), *Land Evaluation*, 125-146. Macmillan of Australia, Melbourne.
- Alexandrowicz, Z. (1983). Classification of Landscape Based on Anthropogenic Forms of Relief. *Bull. Acad. Pol. Sci., Ser. Sci. Terre*, XXX (1-2): 87-92.
- Allen, T.F.H. and Starr, T.B. (1982). *Hierarchy. Perspectives for Ecological Complexity.* The University of Chicago Press, Chicago and London.

- Allué, M., Costa, M., *et al.* (1995). *Paisajes vegetales de Segovia*. En: J.A. Abella, J.F. Martín Duque *et al.* (eds.), "Colección Hombre y Naturaleza", Tomo II. Junta de Castilla y León, Ayuntamiento de Segovia y otros, Segovia.
- Alonso Teixidor, L.F. (1994). *Plan Especial de la Sierra de Guadarrama*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Castilla y León, Valladolid. (inédito).
- Areitio, A. y Quiroga, F. (1874). Excursión geológica por la provincia de Segovia. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, III:333-344.
- Arenillas, M., Arenillas, T. *et al.* (1988). *Análisis del Medio Físico de Segovia. Delimitación de unidades y estructura territorial*. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- Areola, I.O. (1974). Photo-interpretation of Land Facets as a Soil Mapping Technique. *Geoforum*, 20:25-74.
- Arnot, R.H. and Grant, K. (1981). The application of a method for terrain analysis to functional land-capability assesment and aesthetic landscape appreciation. *Landscape Planning*, 8:269-300.
- Ayala, F.J., Durán, J.J. y Peinado, T. (eds.) (1988a). *Riesgos Geológicos*, IGME, Madrid.
- Ayala, F.J., Olivier, C. *et al.* (1988b). *Atlas Geocientífico de Madrid*. ITGE, Madrid.
- Ayuso, E., Ramos, A. *et al.* (1976). A computer model for land-use planning. Case study of a rural derelict area (Ayllón, Spain). *Landscape Planning*, 3:101-140.
- Bailey, R.G. (1983). Delineation of Ecosystem Regions. *Environmental Management*, 7 (4):365-373.
- Bailey, R.G., Zoltai, S.C., and Wiken, E.B. (1985). Ecological regionalization in Canada and the United States. *Geoforum*, 16(3): 265-275.
- Bañón, S., Casado, A. y Ros, A. (1992). Cartografía de paisaje del territorio histórico de Álava. En: *IV Jornadas sobre el Paisaje*, 139-150. Horizonte Cultural y otros, Segovia.
- Bardají, T., Centeno, J.D. y Sanz Santos, M.A. (1991). Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Turégano (457)*. ITGE, Madrid.
- Barrio, M., Cortón, M.T. *et al.* (1987). *Historia de Segovia*. Caja de Ahorros de Segovia, Segovia.
- Bartolomé, L., Pedraza, J. *et al.* (1980). *Estudio del Medio Físico de los términos municipales de Castrojeriz, Melgar de Fernamental y Villadiego*. Diputación provincial de Burgos, Burgos.
- Bascones, M. y Gallego, E. (1993). Ordenación del territorio y actividades extractivas. En R. Ortiz Silla (ed.), *Problemática geoambiental y desarrollo*, 35-52. SEGAOT, Murcia.

- Batelle-Columbus Lab. (1972).** *Environmental Evaluation System for Water Resource Planning*. Springfield.
- Beaven, P.V. (1976).** Terrain Evaluation. In: *Applied Geology for Engineers*, 171-195. Military Engineering, Vol. XV, Cap. 8, Her. Magestry's Stt. Office, London.
- Beckett, P.H.T. and Webster, R. (1965).** *A Classification System for Terrain*. MEXE Report 872, Christchurch.
- Beckinsale, R.P. and Chorley, R.J. (1991).** *The history of the study of landforms or the development of Geomorphology*. Volume 3: Historical and Regional Geomorphology 1890-1950, Routledge, London and New York.
- Bertrand, G. (1968).** Paysage et Géographie physique globale. Esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 35:249-272.
- Berg, L.S. (1931).** *Landshaftno-geograficheskiye zony SSSR*, Moscow.
- Berger, A. and Iams, W.I. (eds.) (1996).** *Geoindicators. Assessing rapid Environmental Changes in Earth System*. Balkema, Rotterdam.
- Betz, F. (1975).** *Environmental Geology*. Benchmark Papers in Geology 25. Dowden, Hutchinson & Ross. Stroudsburg.
- Blanco, A. (1979).** *La definición de unidades de paisaje y su clasificación en la provincia de Santander*. Tesis Doctoral. ETSIM, Madrid.
- Bolós, M. (1975).** Paisaje y ciencia geográfica. *Estudios Geográficos*, 36(1):93-105.
- Bolós, M. (dir.) (1992).** *Manual de la Ciencia del Paisaje*. Masson, Barcelona.
- Boluda, R., Molina, M.J. y Sánchez Díaz, J. (1984).** Definición y metodología de unidad de paisaje. Importancia de la Geología Ambiental en su descripción. En: *I Congreso Español de Geología*, I: 611-621, Segovia.
- Bowles, G. (1775).** *Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España*. Poniente, Madrid. (reedición facsímil en 1982).
- Bowman, I. (1911).** *Forest Physiography. Physiography of the United States and Principles of Soils in Relation to Forestry*. Wiley, New York.
- Bourne, R. (1931).** *Regional Survey and its Relation to Stocktaking of the Agricultural and Forest Resources of the British Empire*. Oxford Forestry Memoirs N° 13.
- Bradshaw, A.D. and Chadwick, M.J. (1980).** *The Restoration of Land. The ecology and reclamation of derelict and degraded land*. Blackwell, Oxford.

- Breñosa, R. y Castellarnau, J.M. (1884).** *Guía y descripción del Real Sitio de San Ildefonso*. Impresores de la Real Casa, Madrid. (reedición facsímil por Biblioteca Nueva, La Granja, 1991).
- Bridges, E.M. and Doornkamp, J.C. (1963).** Morphological Mapping and the study of Soil Patterns. *Geography*, 48 (2):175-181.
- Brink, A.B.A., Mabbutt, J.A. et al. (1966).** *Report of the Working Group on Land Classification and Data Storage*. MEXE Report 940, Christchurch.
- Brown, T.C. y Daniel, T.C. (1991).** Landscape aesthetics of riparian environments: Relationships of flow quantity to scenic quality along a wild and scenic river. *Water Resources Research*, 27(8): 1787-1795.
- Brush, R.O. (1981).** Landform and scenic preference: a research note. *Landscape Planning*, 8: 301-306.
- Brundtland, G.H. (1988).** *Nuestro futuro común*. Alianza Editorial, Barcelona.
- Bullón, T. y Sanz Herraiz, C. (1977).** Segovia. En: E. Martínez de Pisón (dir.), *Los paisajes naturales de Segovia, Avila, Toledo y Cáceres*, 9-48. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Cabra, P., Fernández, P. y Garzón, M.G. (1983).** Modelos geomorfológicos para el estudio del medio físico en el área de Madrid. En: *II Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Comunicaciones*, 6.45-6.62. GEGAOT, Lleida.
- Calderón, S. (1897).** Excursión por el terreno cretácico de los alrededores de Segovia. *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXVI: 91-99.
- Carpenter, R.A. (1980).** Using Ecological Knowledge for Development Planning. *Environmental Management*, 4(1): 13-20.
- Casado, S. (1995).** Por el bosque de Valsaín con Joaquín María de Castellarnau. *Quercus*, 115:36-41.
- Castelao, J. et al. (1995).** *Derecho Administrativo*. Universitas, Madrid.
- Castillo, C. (1986).** *Estudio cuantitativo de paisajes fluviales*. Tesis Doctoral. E.T.S.I. de Montes, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. (inédito)
- Cendrero, A. (1975).** Environmental Geology of the Santander Bay Area, Northern Spain. *Environmental Geology*, 1: 97-114.
- Cendrero, A. (1989a).** Planificación ambiental y ordenación de usos del territorio. En: F.J. Ayala y J.F. Jordá (eds.), *Geología Ambiental*, 25-33. ITGE, Madrid.

- Cendrero, A. (1989b). Mapping and Evaluation of Coastal Areas for Planning. *Ocean & Shoreline Management*, 12:427-462.
- Cendrero, A. (1990). La cartografía geoambiental. En: *Síntesis de la IV Reunión Nacional sobre Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 23-52. Universidad de Oviedo, Oviedo.
- Cendrero, A., Díaz de Terán, J.R. y Saiz de Omeñaca, J. (1976). A technique for the definition of environmental geologic units and for evaluating their environmental value. *Landscape Planning*, 3: 35-66.
- Cendrero, A., Nieto, M. et al. (1986). *Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia*. Diputación Provincial de Valencia, Valencia.
- Cendrero, A. y Díaz de Terán, J.R. (1987). The environmental map system of the University of Cantabria, Spain. En: P. Arndt y G.W. Lüttig (eds.), *Mineral resources extraction, environmental protection and land-use planning in the industrial and developing countries*, 149-181. Schweizerbart, Stuttgart.
- CENEAM (1993). *Sierra de Guadarrama. Hombre y Naturaleza*. ICONA, Segovia.
- Centeno, J.D. (1987). *Morfología granítica de un sector del Guadarrama Occidental*. Tesis Doctoral, Fac. C.C. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Centeno, J.D., Pedraza, J. y Ortega, L.I. (1983). Estudio geomorfológico, clasificación del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glacial. *Bol. R. Soc. Española His. Nat. (Geol.)*, 8(3-4): 153-171.
- Centeno, J.D., Fraile, M.J. et al. (1994). *Geomorfología Práctica. Ejercicios de Fotointerpretación y Planificación Geoambiental*. Rueda, Madrid.
- Christian, C.S. (1958). The concept of land units and land systems. *Proc. Ninth Pacific Sci. Congr. (1957)*, 20: 74-81.
- Christian, C.S. and Stewart, G.A. (1953). *General Report on Survey of the Katherine-Darwin Region, 1946*. CSIRO Australia Land Resources Series N° 1.
- Christian, C.S. and Stewart, G.A. (1968). Methodology of integrated surveys. In: *Aerial surveys and integrated studies: Proceedings of Toulouse Conference, 1964*, 233-280. UNESCO, París.
- Christian, C.S. (1982). The Australian Approach to Environmental Mapping. En: F.C. Whitmore and M.E. Williams (eds.), *Resources for the twenty-first century*, 298-316. Proceedings of the international centennial symposium of the U.S. Geological Survey, U.S. Geol. Survey Prof. Pap. 1193, Washington.
- CNRS (1970). *Legende pour la carte geomorphologique de la France au 1:50.000*. Centre National de la Recherche Scientifique, París.

- Coates, D.R. (ed.) (1972-1974). *Environmental Geomorphology and Landscape Conservation*. Benchmark papers in geology, 3 vols. Hutchinson and Ross, Stroudsburg.
- Coates, D.R. (1981). *Environmental Geology*. John Wiley & Sons, New York.
- Cooke, R.S. and Doornkamp, J.C. (1978). *Geomorphology in Environmental Management*. Clarendon Press, Oxford.
- Coque, R. (1977). *Géomorphologie*. Armand Colin, Paris.
- Cortázar, D. de (1891). *Descripción física y geológica de la provincia de Segovia*. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, Tomo XVII, Madrid.
- Costa, J.E. y Baker, V.R. (1981). *Surficial Geology. Building with the Earth*. Willey, New York. 498 págs.
- Cotarro (1983). ¿Espacios protegidos o protección del espacio? *Quercus*, 11: 42-43.
- Crofts, R.S. (1974). Detailed Geomorphological Mapping and Land Evaluation in Highland Scotland. In: E.H. Brown and R.S. Waters (eds.), *Progress in Geomorphology*, Papers in honour of David L. Linton, 231-251.
- Dalrymple, J.R., Blong, R.J. and Conacher, R.J. (1968). A hypothetical nine unit landsurface model. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 12:59-76.
- Daniel, T.C. y Vinning, J. (1983). Methodological issues in the assesment of landscape quality. En: I. Altman y J.F. Wohlwill (eds.), *Human Behavior and Environment. Advances in Theory and Research*, (6):39-84. Plenum Press, New York.
- Dantín Cereceda, J. (1912). *Resumen Fisiográfico de la Península Ibérica*. Trab. Mus. Cienc. Nat., 9 (serie antigua), 4 (serie nueva). Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid.
- Dantín Cereceda, J. (1922). *Ensayo acerca de las Regiones Naturales de España*. J. Cosano Impresor, vol. 1. Madrid.
- Dantín Cereceda, J. (1942). *Regiones Naturales de España*. Tomo I. Instituto Juan Sebastián Elcano. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid.
- Davis, W.M. (1899a). The United States of America. In: H.R. Mill (ed.), *The International Geography*.
- Davis, W.M. (1899b). The geographical cycle. *Geogr. Journal*, XIV: 481-504.
- De Pablo, C.L. y Pineda, F.D. (1985). Análisis multivariante del territorio para su cartografía ecológica. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 5:235-260.

- De Pablo, C.L. y Martín de Agar, P. (1993).** Bases teóricas de la cartografía ecológica. *Quercus*, 88:32-35.
- Demek, J. (ed.) (1972).** *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia, Prague.
- Díaz Pineda, F. y Nicolas, J.P. (1987).** Sistemas de Información Ambiental. En: A. Ramos (coord.), *Diccionario de la Naturaleza. Hombre, ecología, paisaje*, 884-901. Espasa-Calpe, Madrid.
- Díaz Segovia, A. y Ramos, A. (1991).** *La práctica de las estimaciones de impactos ambientales*. Cátedra de Planificación. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Díaz de Terán, J.R. (1985).** *Estudio geológico-ambiental de la franja costera Unquera-Castro Urdiales (Cantabria) y establecimiento de bases para su ordenación territorial*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, Oviedo. (inédito).
- Díaz de Terán, J.R. (1989).** Tipos y metodologías de cartografías geoambientales y geocientíficas. En: F.J. Ayala y J.F. Jordá (eds.), *Geología Ambiental*, 239-257, ITGE Serie Ingeniería Geoambiental, Madrid.
- Díaz Pineda, F., Escudero, J.C. et al. (1973).** Terrestrial ecosystems adjacent to large reservoirs. Ecological Survey and Impact Diagnosis. *International Commission on Large Dams. XI Congress*. Centro de Estudios Hidrográficos, Madrid.
- Díez Herrero, A., y Martín Duque, J.F. (1993a).** Fenómenos gravitacionales en el entorno de la ciudad de Segovia. Análisis de riesgos y aplicación a la Ordenación Territorial. En: R. Ortiz Silla (ed.), *Problemática Geoambiental y Desarrollo. Actas de la V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 681-692. SEGAOT, Murcia.
- Díez Herrero, A., y Martín Duque, J.F. (1993b).** Hidrología. En: L. Yoldi y J.A. Abella (coords.), *Segovia: Ecología y Paisaje*, 52-58. Ayuntamiento de Segovia y otros, Segovia.
- Dokuchaev, V.V. (1883).** *El Chernozem Ruso*, Sochineniya, 3, Academia de Ciencias de Moscú.
- DPS (1994).** *Normas Subsidiarias de Planeamiento Municipal con ámbito provincial*. Diputación Provincial de Segovia-Consejería de M.A. y O.T. Junta de Castilla y León, Segovia.
- Dumolard, P. (1975).** Région et régionalisation. Une approche systémique. *L'Espace Géographique*, IV (2):93-111. Artículo parcialmente reproducido en: J. Gómez Mendoza et al. (1982). *El pensamiento geográfico*, 452-460. Alianza, Madrid.
- ECOPLAN (1991).** *Estudio para la declaración de parque natural de la Cuenca del río Riaza*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León, Valladolid. (inédito)



- Enériz, F.J. (1991).** *La ordenación del territorio en la legislación de Navarra*. Civitas-Instituto Vasco de Administración Pública, Oñati.
- Enríquez de Salamanca, C. (1981).** *Por la Sierra de Guadarrama*. Cayetano Enríquez de Salamanca editor, Madrid.
- ENTORNO (1991).** *Estudio para la declaración de la Sierra de Guadarrama como espacio natural protegido*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León, Valladolid. (inédito)
- Erhart, H. (1956).** *La gèneses des sols en tant que phénomène géologique*. Masson, Paris.
- Escribano, M.M. et al. (1991).** *El Paisaje*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Madrid.
- Falque, M., Fischer, J.C. et al. (1974).** Note sur la méthodologie géologique dans le cadre d'une étude de planification écologique. *R. Geogr. Phys. Geol. Dyn.*, 16(5): 459-464.
- FAO (1976).** *A Framework for Land Evaluation*. Soils Bulletin N° 32, Rome.
- FAO (1977).** *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Segunda edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.
- FAO (1991).** *Mapa mundial de suelos*. Leyenda revisada, FAO-UNESCO, Roma. (versión en castellano de T. Carballas, F. Macías, F. Díaz-Fierros et al.)
- Fenneman, N.M. (1914).** Physiographic Boundaries within the United States. *Ann. Assn. Am. Geogr.*, 4:84-134.
- Fenneman, N.M. (1916).** Physiographic divisions of the United States. *Ann. Assn. Am. Geogr.*, 6:19-98.
- Fenneman, N.M. (1928).** Physiographic divisions of the United States. *Ann. Assn. Am. Geogr.*, 18:261-353.
- Fernández García, P. (1988).** *Geomorfología del sector comprendido entre el Sistema Central y el Macizo de Santa María de Nieva (Segovia)*. Tesis Doctoral, Fac. C.C. Geológicas, UCM, Madrid.
- Fernández García, P., Pedraza, J. et al. (1990).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. El Espinar (507)*. ITGE, Madrid.
- Fernández García, P., Centeno, J.D. et al. (1991).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Valverde del Majano (482)*. ITGE, Madrid.

- Fernández García, P., Centeno, J.D. y Garzón, G. (1993). Superficies y depresiones en el Sistema Central Ibérico: arquitectura de las grandes unidades morfoestructurales en el sector de Gredos-Guadarrama. *Cuaternario y Geomorfología*, 7:3-14.
- Finlayson, A.A. and Buckland, A.J. (1987). The use of terrain evaluation for urban and regional planning. *The role of Geology in Urban Development. Geol. Soc. of Hong Kong Bull.*, 3:67-79.
- Forteza, J., Lorenzo, L.F. et al. (1987). *Mapa de suelos de Castilla y León*. Junta de Catilla y León, Valladolid.
- Forman, R.T.T. y Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Fournier, F. (1960). *Climat et Erosion*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Flawn, P.T. (1970). *Environmental Geology. Conservation, Land-use Planning and Resource Management*. Harper & Row, New York.
- Francés, E., Cendrero, A., Díaz de Terán, J.R. et al. (1990a). Criterios geoambientales aplicados al Plan de Ordenación Urbana del Municipio de Suances (Cantabria). *IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 195-201. GEGAOT, Gijón.
- Francés, E., Díaz de Terán, J.R., Cendrero, A. et al. (1990b). Una metodología de evaluación de áreas litorales para su ordenación como espacios protegidos. *IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 203-211. GEGAOT, Gijón.
- Francés, E., Gómez Orea, D., Cendrero, A. et al. (1990c). Una metodología para la definición de unidades de diagnóstico en la elaboración de directrices de ordenación del territorio a escala regional: el modelo de Cantabria. *IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 203-211. GEGAOT, Gijón.
- Fränze, O. (1959). *Glaziale und periglaziale Forbildung im östlichen Kastilischen Scheidegebirge (Zentralspanien)*. Bonner Geographische Abhandlungen, 26. (Traducido en *Estudios Geográficos*, 1978, 39: 203-231 y 363-418).
- Fyfe, W.S. (1993). Sustainable Resources for Ten Billion. Is it possible? En: R. Ortiz Silla (ed.), *Problemática geoambiental y desarrollo*, 27-32. SEGAOT, Murcia.
- Gallardo, J. (1978). Los suelos climax del Guadarrama segoviano. *Geographica*, I: 75-87.
- Gallardo, J. y Pérez González, A. (1983). Regiones fisiográficas. *El Campo*, 90: 10-15.
- Gallardo, J., Goy, J.L. et al. (1988). Geomorfología y suelos. En: M. Gutiérrez y J.L. Peña (eds.), *Perspectivas en Geomorfología*, 189-206. Sociedad Española de Geomorfología, Zaragoza.
- Gandullo, J.M. y Sánchez-Palomares, O. (1976b). Contribución al estudio ecológico de la sierra de Guadarrama. III. Suelos. *Anales del INIA, Serie Recursos Naturales*, 2: 37-73.

- García Abril, A. y Canga, J.L. (1991).** Impactos ecológicos y paisajísticos de las repoblaciones forestales. En: A. Díaz Segovia y A. Ramos, *La práctica de las estimaciones de impactos ambientales*, 135-199. Cátedra de Planificación. E.T.S.I.M., Madrid.
- García Cortés, A., Gallego, E. y Palacio, J. (1992).** *El patrimonio geológico*. ITGE, Madrid.
- García Ruiz, J.M. y Lasanta, T. (eds.) (1994).** *Efectos geomorfológicos del abandono de tierras*. Sociedad Española de Geomorfología, Zaragoza.
- Garzón, M.G. (1977).** *Estudio del Medio Físico Geológico para las Normas de Planeamiento de la Merindad de Castilla La Vieja*. (inédito).
- Garzón, M.G. (1978).** *Metodología de la cartografía geomorfológica. Su interés científico y aplicado*. Fundación Juan March, Madrid.
- Garzón, M.G. (1980).** *Estudio geomorfológico de una transversal de la Sierra de Gredos Oriental (Sistema Central Español). Ensayo de una cartografía geomorfológica*. Tesis Doctoral, Facultad de C.C. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Garzón, M.G. (1989).** Geología y zonificación de unidades territoriales. En: F.J. Ayala y J.F. Jordá (eds.), *Geología Ambiental*, 231-238, ITGE Serie Ingeniería Geoambiental. Madrid.
- Garzón, M.G. y Pedraza, J. (1977).** *Estudio del Medio Físico Geológico para el Plan de Ordenación de la Comarca de Albarracín*. ICONA, Teruel (inédito).
- Gentili, J. (1968).** Regions, natural and geographical. En: R.W. Fairbridge (ed.), *The Encyclopedia of Geomorphology*, 932-933. Reinhold, New York.
- Gilmartín, M.A. (1995).** *Conocimiento social del paisaje. Componentes y dimensiones del juicio estético*. Tesis Doctoral, Facultad de Psicología, UAM, Madrid.
- Godfrey, A.E. (1977).** A Physiographic Approach to Land Use Planning. *Environmental Geology*, 2:43-50.
- Godfrey, A.E. and Cleaves, E.T. (1991).** Landscape Analysis: Theoretical Considerations and Practical Needs. *Environmental Geology and Water Sciences*, 17(2):141-155.
- Gómez-Limón, J., Múgica, M. et al. (1994).** El reto de conservar la sierra de Guadarrama. *Quercus*, 98: 19-25.
- Gómez Orea, D. (dir.) (1975).** *Plan Especial de Protección del Medio Físico de la Provincia de Madrid*. COPLACO, Madrid.
- Gómez Orea, D. (1978).** *El medio físico y la planificación*. I y II. Cuadernos del CIFCA, Madrid.
- Gómez Orea, D. (1988).** Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A). *Ciudad y Territorio*, 75(1):5-31.

- Gómez Orea, D. (1994). *Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el medio físico*. ITGE-Ed. Agrícola Española, Madrid.
- González Alonso, S., Aguiló, M. y Ramos, A. (1991). *Directrices y Técnicas para la estimación de impactos*. Cátedra de Planificación y Proyectos, ETSIM, Universidad Politécnica, Madrid.
- González Bernáldez, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Blume, Madrid.
- González Bernáldez, F. (1987). Paisaje. En: A. Ramos (coord.), *Diccionario de la Naturaleza. Hombre, ecología, paisaje*, 682-686. Espasa-Calpe, Madrid.
- González Bernáldez, F. (1992). Introducción a la Ecología del Guadarrama. En: A. Sáenz de Miera (dir.), *La Sierra de Guadarrama. Naturaleza, paisaje y aire de Madrid*, 95-107. Comunidad de Madrid, Madrid.
- González Bernáldez, F., Díaz Pineda, F. et al. (1973). *Estudio temático ecológico de la subregión de Madrid*. Informe para COPLACO, Ministerio de la Vivienda, Madrid.
- González Bernáldez, F., Sancho, F. et al. (1974). Un système d'enregistrement et minimisation des impacts sur l'environnement IRAMS. Int. Syum. *Informatique et Environnement*, Fondation Universitaire Belge, Arlon.
- Guzzetti, F. and Reichenbach, P. (1994). Towards a definition of topographic divisions for Italy. *Geomorphology*, 11: 57-74.
- Grant, K. (1982). Land Capability Assesment and Evaluation for Land Use Planning. In: *Impact on Land Use Planning in Developing Countries*, G3.1-45, Proceedings of the First International Symposium on Soil, Geology and Landforms. Bangkok.
- Grant, K. and Finlayson, A.A. (1978). The application of Terrain Analysis to Urban and Regional Planning. *Proceedings of the III International Congress of the International Association for Engineering Geology*, París, 1(1): 79-91.
- Gullentops, F.B. (1963). La cartographie géomorphologique en Belgique. *Geogr. Stud. (Warsaw)*, 46:57-58.
- Haase, G. (1964). Landschaftsökologische Detaliuntersuchung und nturräumliche Giederung. *Pettermanns Geographische Mitteilungen*, 108: 8-30.
- Hammond, E.H. (1954). Small-scale continental landform maps. *Ann. Assn. Am. Geogrs*, 44:33-42.
- Harris, R.R. (1987). Associations between Streams Valley Geomorphology and Riparian Vegetation as a Basis for Landscape Analysis in the Eastern Sierra Nevada, California, USA. *Environ. Managmt.*, 12 (2):219-228.
- Heras, F. (1995). Agua, paisaje y cultura en la Comunidad de Madrid. *Actas de las VI Jornadas sobre el Paisaje. Agua y Paisaje*, 169-178. Asociación para el estudio del Paisaje, Segovia.

- Herbertson, A.J. (1905).** The Major Natural Regions: an Essay in Systematic Geography. *Geographical Journal*, 25:300-312.
- Hernández Bermejo, J.E., y Sainz Ollero, H. (1984).** *Ecología de los hayedos meridionales ibéricos: el macizo de Ayllón*. 2ª edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Hernández-Pacheco, E. (1934a).** *Síntesis fisiográfica y geológica de España*. Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. (Serie Geol.), 38. Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Madrid. (volumen correspondiente a 1932)
- Hernández-Pacheco, E. (1934b).** *El paisaje en general y las características del paisaje hispano*. Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Discurso sesión inaugural curso 1934/35, Madrid.
- Hernández-Pacheco, E. (1955-1956).** *Fisiografía del Solar Hispano*. Mem. R. Acad. Cienc. Exactas Fis. Nat. (serie Cienc. Nat.), XVI, 2 tomos.
- Hills, G.A. (1961).** The Ecological Basis for Natural Resources Management. In: *The Ecological Basis for Landuse Planning*, 8-49. Ontario Department of Lands and Forests, Toronto.
- Hills, G.A. (1974).** A philosophical approach to landscape planning. *Landscape Planning* 1(4):339-371.
- Hita, C. de (1995).** *Ecogufa. Las sierras de Guadarrama y Ayllón*. Anaya, Madrid.
- Hooke, R.L. (1994).** On the Efficacy of Humans as Geomorphic Agents. *GSA Today*, 4(9):225-225.
- Howard, J.A. and Mitchell, C.W. (1985).** *Phytogeomorphology*. John Wiley & Sons, New York.
- Huguet del Villar, E. (1937).** *Los suelos de la Península Luso-Ibérica*, mapa 1:1.500.000 y texto. Thomas Murby, London.
- Hunt, C.B. (1967).** *Physiography of the United States*. Freeman, San Francisco.
- Ibáñez, J.J. (1986).** *Ecología del paisaje y sistemas edáficos en el macizo de Ayllón*. Tesis Doctoral, Facultad de CC. Biológicas, UCM, Madrid.
- Ibáñez, J.J., García Álvarez, A. y Monturiol, F. (1987).** Ecología del Paisaje: propuesta de una metodología para la prospección del medio físico en áreas de montaña mediterránea. En: *III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Comunicaciones*, Vol. II, 1067-1084. GEGAOT, Valencia.
- IGME (1976).** *Mapa geotécnico de ordenación territorial y urbana de la subregión de Madrid (Segovia 9-10, y Riaza 10-9)*. Ministerio de industria, Madrid.

- Isachenko, A.G. (1965).** *Probleme der Landschaftsforschung und physisch-geographischen Gliederung*, Moscow.
- ITGE (1990-1991).** *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000*. Hojas de Nava de la Asunción (456), Turégano (457), Prádena (458), Valverde del Majano (482), Segovia (483) y El Espinar (507). Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- ITGE (1994).** *Mapa geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias. Escala 1:1.000.000*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, Madrid.
- Jardón y Serra (1990).** Restauración en minería a cielo abierto. En: *Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Síntesis de la IV Reunión Nacional*, 53-89. Universidad de Oviedo, Oviedo.
- JCL (1990).** *La Red de Espacios Naturales de Castilla y León*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León, Valladolid.
- JCL (1996).** *Directrices de Ordenación Territorial de Castilla y León. Hipótesis de modelo territorial*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Castilla y León. Valladolid.
- Joerg, W.L.G. (1914).** The Subdivision of North America into Natural Regions. A preliminary inquiry. *Ann. Ass. Am. Geogrs*, 4:55-83.
- Johns, D.H. (1973).** *Environmental quality evaluation and impact analysis methodology*. Center for Settlement Studies, Universidad de Manitoba.
- Julivert, M., Fonboté, J.M. et al. (1972).** *Mapa tectónico de la península Ibérica y Baleares*. IGME, Madrid.
- Kaplan, R. (1985).** The analysis of perception via preference. A strategy for studying how the environment is experienced. *Landscape Planning*, 14:281-293.
- Kaplan, R. y Kaplan, S. (1989).** *The Experience of Nature. A Psychological Perspective*. Cambridge University Press, New York.
- Klimaszewsky, M. (1956).** The principles of the geomorphological survey of Poland. *Przegląd Geograficzny*, 28: 32-40.
- Lacate, D. (1969).** *Guidelines for biophysical land classification*. Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Lafuente, J., Pedraza, J. et al. (1981).** *Plan General de Ordenación Urbana de San Ildefonso-La Granja*. Ayuntamiento de San Ildefonso-La Granja, Segovia.
- Láin, L., Duch, M. et al. (1991).** *Riesgos naturales en Castilla y León*. ITGE, Madrid.

- Láinez, M. (1964).** Apuntes históricos de Segovia. *Estudios Segovianos*, XVI(46-47): 5-421.
- Lasanta, T. y García Ruiz, J.M. (eds.) (1996).** *Erosión y recuperación de tierras en áreas marginales*. Instituto de Estudios Riojanos-Sociedad Española de Geomorfología, Logroño.
- Laut, P., Heyligers, P.C. et al. (1977).** *Environments of South Australia*. Handbook CSIRO Australia Division of Land Use Resources.
- Leopold, L.B. (1969).** Landscape Esthetics. *Natural History*, Oct. 36-45. In: D.R. Coates (ed.), *Environmental Geomorphology and Landscape Conservation*, vol III: *Non Urban*, 26, 454-467. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.
- Leopold, L.B, Clarke, F.E. et al. (1971).** *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. Geological Survey Circular 645. U.S. Government Printing Office. Washington.
- Ley 29/1985 de Aguas, de 2 de agosto.** Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/1986, de 30 de abril).
- Ley 4/1989, de 24 de marzo.** *Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres*.
- Ley 8/1991, de 10 de mayo.** *Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León*.
- Leranoz, B. (1993).** *Geomorfología y Geología ambiental de la ribera de Navarra*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza. Zaragoza. (inédita)
- Lewis, P.H. (1964).** Quality corridors for Wisconsin. *Landscape Architecture Quarterly*, 1:100-107.
- Linton, D.L. (1951).** The delimitation of morphological regions. In: L.D. Stamp and S.W. Wooldridge (eds.), *London Essays in Geography*, 199-218, Longman, London.
- Linton, D.L. (1968).** The Assesment of Scenery as a Natural Resource. *Scottish Geogr. Magazine*, 84: 219-238.
- López Jimeno, C., Aramburu, M.P. et al. (1989).** *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. ITGE, Madrid.
- Lotze, F. (1945).** Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotktonische Forschungen.*, 6: 78-92.
- Lovejoy, D. (ed.) (1973).** *Land use and landscape planning*. Leonard Hills, London.
- Lüttig, R. (1980).** Mapas geocientíficos como base para el análisis del medio natural. *Tecniterrae*, 33: 59-62.

- Lüttig, R. (1987). Large scale maps for detailed environmental planning. In: F.C. Wolff (ed.), *Geology for environmental planning*, 2:71-76, Geol. Survey of Norway, Trondheim.
- Mabbutt, J.A. (1968). Review of concepts of land classification. In: G.A. Stewart (ed.), *Land Evaluation*. CSIRO Symposium, 11-28. Macmillan. Melbourne.
- Macar, P., de Béthune, P. et al. (1961). Travaux préparatoires à l'élaboration d'une carte géomorphologique de Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 84: 179-198.
- Maciá, A. (1980). Paisaje y personalidad. *Estudios de Psicología*, 1:30-38.
- Mandelbrot, B.B. (1983). *The fractal geometry of nature*. Freeman, New York.
- Marsh, G. (1864). *Mand and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*. Scribner, New York. Reeditado por Belknap/Harvard University Press, Cambridge, en 1965.
- Marinero, A.M. (1992). Tensiones en la transformación de los usos del territorio. Cambios recientes en los límites del área metropolitana de Madrid. Su impacto en el medio rural de Segovia. En: *Actas de las V Jornadas sobre el Paisaje*, 49-74. A.E.P., Segovia.
- Martín de Agar, P. (1984). *Ecología y planeamiento territorial: metodología y estudio de casos en la región murciana*. Universidad de Murcia, Murcia.
- Martín Duque, J.F. (1993). *Análisis de las actividades extractivas de arenas silíceas y arcillas en la provincia de Segovia y directrices generales para la restauración de los espacios afectados*. Proyecto III Máster en Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales. ETSIM, UPM, Madrid. (inédito).
- Martínez de Pisón, E. (dir.) (1977). *Los paisajes naturales de Segovia, Avila, Toledo y Cáceres. Estudio Geográfico*. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Martínez de Pisón, E. y Sanz Herraiz, C. (1994). Análisis y Evaluación del Medio Físico. En: *Plan Especial de la Sierra de Guadarrama*. Junta de Castilla y León, Valladolid. (inédito).
- McHarg, I.L. (1969). *Design with Nature*. Natural History Press, New York.
- McHarg, I.L. (1992). Preface. In: *Design with Nature*. John Wiley & Sons, York.
- Milne, G. (1935). Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African soils. *Soil Research*, 4(3):183-198.
- Mitchell, C.W. (1971). An appraisal of a hierarchy of desert land units. *Geoforum*, 7:69-79.
- Mitchell, C.W. (1991). *Terrain Evaluation*. Segunda edición (1ª ed. 1973). Longman, New York.
- MOPTMA (1991). *Obras en edificación 1994-1995*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

- Moreno Sanz, F. (1989).** *Zonas kársticas en la vertiente N de la Sierra de Guadarrama*. Tesis Doctoral, Fac. Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Moreno Sanz, F. y Sanz Donaire, J.J. (1983).** Geomorfología de la provincia. *El Campo*, 90: 5-9.
- Mori, A. (1977).** Classification et Cartographie du Paysage sur base Écologique avec Application à l'Italie. *Geoforum*, 8(5-6):327-340.
- Moss, M.R. (1975).** Biophysical Land Classification Schemes. A review of their Relevance and Applicability to Agricultural Development in the Humid Tropics. *Journal of Environmental Management*, 3:287-307.
- Moss, M.R. and Nickling, W.G. (1980).** Landscape Evaluation in Environmental Assessment and Land Use Planning. *Environmental Management*, 4(1):57-72.
- Neef, E. (1963).** Topologische und chronologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 107: 249-259.
- Nichols, O.G., Carbon, B.A. et al. (1985).** Rehabilitation after bauxite mining in south-western Australia. *Landscape Planning*, 12: 75-92.
- Nichols, D.R. (1982).** Application of Earth Sciences to Land-use Problems in the United States with Emphasis on the Role of the U.S. Geological Survey. En: F.C. Whitmore and M.E. Williams (eds.), *Resources for the twenty-first century*, 283-291. U.S. Geol. Survey Prof. Pap. 1193, Washington.
- Nir, D. (1983).** *Man, a Geomorphological Agent. An Introduction to Anthropic Geomorphology*. Keter Publishing House, Jerusalem.
- Obermaier, H. y Carandell, J. (1917).** *Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Geológica, 19, Madrid.
- Odum, E.P. (1972).** *Ecology*. Interamericana, México.
- Ollier, C.D. (1977).** Terrain Classification: Methods, Application and Principles. In: J.R. Hails (ed.) *Applied Geomorphology*, 277-316. Elsevier, Amsterdam.
- Oria, J., Sotolargo, E. y Acha, A. (1991).** Catálogo abierto de construcciones ilegales o irregulares de segunda residencia en Segovia. En: *Premios del II Concurso sobre Medio Ambiente*, 137-189. Caja de Ahorros de Segovia, Segovia.
- Orive, L.A., Bañón, S. et al. (1992).** Cartografía de paisajes para la conservación en el territorio histórico de Álava. En: *IV Jornadas sobre el Paisaje*, 131-137. Horizonte Cultural y otros, Segovia.

- Outcalt, S.I., Hinkel, K.M. y Nelson, F.E. (1994). Fractal physiography? *Geomorphology*, 11:91-106.
- Panizza, M. (1988). *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Parra, F. (1992). *Problemas ambientales y paisajísticos en el entorno de la ciudad de Madrid*. Conferencia pronunciada en las V Jornadas sobre el Paisaje (Segovia). Inédito.
- Passarge, S. (1919-1921). *Die Grundlagen der Landschaftskunde*. Friederschen, Hamburg.
- Passarge, S. (1931). *Geomorfología*. Labor, Barcelona.
- Pecsi, M. and Somogyi, S. (1969). Subdivisions and Clasification of the Physiographic Landscapes and Geomorphological Regions of Hungary. In: B. Sarfalvi (ed.) *Research Problems in Hungarian Applied Geography*, 7-24. Akadémiaiadó, Budapest.
- Pedraza, J. (1978). *Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense, Madrid.
- Pedraza, J. (1980a). La interacción enseñanza-investigación en los estudios ambientales. En: CIFCA, *La formación ambiental universitaria*, 79-86. Cuadernos del CIFCA. Madrid.
- Pedraza, J. (coord.) (1981). *Geología y Medio Ambiente*. Monografías del CEOTMA, nº 11. Madrid.
- Pedraza, J. (1982). The problems of Land Systems for Planning in Spain. In *Impact on Land Use Planning in Developing Countries*, F20.1-F20.10. Proceedings of the First International Symposium on Soil, Geology and Landforms. Bangkok.
- Pedraza, J. (1986). Paisajes geológicos. El ejemplo de la Sierra de Guadarrama en su vertiente meridional, 47-68. En: A. Ramos (coord.), *Curso monográfico sobre restauración del paisaje*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.
- Pedraza, J. (1987). Métodos y técnicas en Geología Ambiental. En: *Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Síntesis de la III Reunión Nacional*, 99-107. GEGAOT, Valencia.
- Pedraza, J. (1988). El paisaje y la ordenación del territorio. En: *Actas de las primeras Jornadas sobre el Paisaje*, 39-48. Horizonte Cultural y Academia de San Quirce, Segovia.
- Pedraza, J., Villasante, R. et al. (1990). Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Cercedilla (508)*. ITGE, Madrid.
- Pedraza, J., Bardají, T. et al. (1991). Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Segovia (483)*. ITGE, Madrid.

- Pedraza, J. (1992).** La Naturaleza del Guadarrama. En: A. Sáenz de Miera (dir.), *La Sierra de Guadarrama. Naturaleza, paisaje y aire de Madrid*, 129-126. Comunidad de Madrid, Madrid.
- Pedraza, J. (1994).** Sistema Central. En: M. Gutiérrez Elorza (ed.), *Geomorfología de España*, 63-100. Rueda, Madrid.
- Pedraza, J. y Garzón, A.G. (1978).** Bases geológicas y geomorfológicas para la sistematización de los análisis del medio físico. *Boletín informativo del Medio Ambiente (CIMA)*, 8: 51-70.
- Pedraza, J., González Alonso, S. et al. (1986).** *Mapa Fisiográfico de Madrid*. Consejería de Agricultura y Ganadería. Comunidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Pedraza, J., Centeno, J.D. y Sanz, M.A. (1989).** *Resumen general de las bases geológicas para caracterizar los sistemas naturales, aplicado a la tipificación y evaluación de impactos*. Temario del Área de Geodinámica del Máster en Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales. U.C.M. y E.T.S.I.M. (inédito).
- Pedraza, J., Carrasco, R.M. et al. (1996a).** *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Rueda, Madrid.
- Pedraza, J., Carrasco, R.M. et al. (1996b).** *Elaboración de mapas integrados para el inventario de la gea*. D.L. SG-67/96, Segovia. (inédito).
- Peinado M. y Rivas-Martínez, S. (1987).** *La Vegetación de España*. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares.
- Pinedo, A. (1989).** *Gulas metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental: grandes presas*. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente, MOPU, Madrid.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1994).** *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Pou, A. (1979).** *Geomorfología y distribución de la vegetación*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- Powell, J.W. (1895).** Physiographic Regions of the United States. *National Geographic Society Monograph*. 3: 65-100.
- Powell, J.W. et al. (1896).** *The Physiography of the United States*. National Geographic Society Monographs, American Book & Co., New York.
- Prokayev, V.I. (1962).** The facies as a basic and smallest unit in landscape studies. *Soviet Geography: Review and Translation*, 3(6):21-29.
- Puig i Baguer, J. (1995).** *Planificación del paisaje (Landscape Planning): una herramienta para armonizar las relaciones del hombre en su entorno territorial*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

- RAE (1992).** *Diccionario de la lengua española* (vigésima primera edición). Real Academia Española, Madrid.
- Ramírez Díaz, L., Esteve, A. y Calvo, J.F. (1994).** Reflexiones ecológicas sobre la planificación territorial. *Ecosistemas*, 8:10-15.
- Ramos, A. (coord.) (1986).** *Curso monográfico sobre restauración del paisaje. Problemas, bases científicas y técnicas de recuperación*. Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid.
- Ramos, A. (1989).** Los impactos ambientales. En: F.J. Ayala y J.F. Jordá (eds.), *Geología Ambiental*, 149-156. ITGE, Madrid.
- Ramos, A. (1993).** *¿Por qué la conservación de la naturaleza?* Discurso leído en el acto de su recepción en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid.
- Ramos, A. y Ayuso, E. (1974).** El medio ambiente natural. Un esquema metodológico para la planificación en áreas rurales. *Bol. Est. Cent. Ecol.*, 3(6):19-25.
- Ramos, A., Ayuso, E., et al. (1976).** Visual landscape evaluation, a grid technique. *Landscape Planning*, 3:67-88.
- Ramos, A., Aramburu, M.P. et al. (1979).** *Planificación física y Ecología. Modelos y métodos*. EMESA, Madrid.
- Ramos, A., Aguiló, M. et al. (1987).** *Diccionario de la Naturaleza: hombre, ecología y paisaje*. Espasa-Calpe, Madrid.
- Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre.** *Restauración del Espacio Natural Afectado por Actividades Mineras*.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio.** *Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*.
- Real Decreto Legislativo 1302/1988, de 30 de septiembre.** *Reglamento para la ejecución del R.D.L. 1302/86, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*.
- Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio.** *Texto Refundido de la Ley sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana*.
- Rivas-Martínez, S., y Sáenz, C. (1969).** *Mapa de vegetación potencial de la provincia de Segovia. Escala 1:200.000*. Instituto A.J. Cavanilles. CSIC, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., Gandullo, J.M. et al. (1987).** *Memoria del Mapa de series de vegetación de España*. ICONA, Madrid.
- Rodiek, J. (1986).** Landscape erosion and landscape development. En: A. Ramos (coord.), *Jornadas Internacionales sobre el Paisaje del Agua*, 67-81. Canal de Isabel II, Madrid.

- Roquero, E. (1994).** *Relación suelos-geomorfología en el sector centro-meridional de la cuenca de Madrid*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense, Madrid.
- Rougerie, G. et Beroutchachvili, N. (1991).** *Géosystemès et paysages*. Armand Colin, París.
- Ruiz, J.P. y Bernáldez, F.G. (1983).** Landscape perception by its traditional users. The ideal landscape of Madrid livestock raisers. *Landscape Planning*, 9:279-297.
- Ruiz-Flaño, P. (1993).** *Procesos de erosión en campos abandonados del Pirineo*. Geoforma Ediciones, Logroño.
- Rutter, N.W. (1977).** Methods of Terrain Evaluation, Mackenzie Transportation Corridor, N.W.T., Canada. *Earth Surface Processes*, 2:295-308.
- Ruxton, B.P. (1968).** Order and Disorder in Land. In: G.A. Stewart (ed.), *Land Evaluation*. CSIRO Symposium, 29-39. Macmillan, Melbourne.
- Salisbury, R.T. (1907).** *Physiography*. Henry Holt, New York.
- Sancho Royo, F., Alés, R.F. et al. (1981).** *Sistema IRAMS de evaluación de alternativas de uso en la ordenación integral del territorio*. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Sanz Herraiz, C. (1980).** Significado de la región natural en la actualidad. En: *La región y la Geografía española*, 35-51, Asoc. Geogr. Esp, Valladolid.
- Sanz Herraiz, C. (1988).** *El relieve del Guadarrama oriental*. Consejería de Política Territorial, Comunidad de Madrid, Madrid.
- Sanz Herraiz, C. (1992).** El paisaje del Guadarrama. En: A. Saenz de Miera (dir.), *La Sierra de Guadarrama. Naturaleza, paisaje y aire de Madrid*, 155-166. Comunidad de Madrid, Madrid.
- Sanz Santos, M.A., Centeno, J.D. et al. (1991).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Prádena (458)*. ITGE, Madrid.
- Savigear, R.A.G. (1965).** A technique of morphological mapping. *Ann. Assn. Am. Geogr.*, 55:514-538.
- Sayago, J.M. (1982).** Las unidades geomorfológicas como base para la evaluación integrada del paisaje natural. *Acta Geológica Lilloana*, XVI-1: 169-180.
- Sherlock, R.L. (1922).** *Man as a Geological Agent. An Introduction to Anthropic Geomorphology*. Witherby, London.
- Simpson, J.W. (1988).** A Conceptual and Historical Basis for Spatial Analysis. *Landscape Urban Plann.*, 17: 313-321.
- Sintes, M., Heras, F. et al. (1994).** *La Sierra cambia*. CENEAM-ICONA, Segovia.

- Sochava, V.B. (1963). *Opriedieleni niekotorykh ponyatii i terminov fizicheskoi gheografii*. Doklady In-ta gheografii Sibiri i Dal'nego Vostoka. Vyp.3.
- Sochava, V.B. (1974). Das Systemparadigma in der Geographie. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 118: 161-166.
- Solntsev, N.A. (1962). Basic problems in Soviet Landscape Science. *Soviet Geography: Review and Translation*, 3(6):3-15.
- Spaling, H. and Smit, B. (1993). Cumulative Environmental Change: Conceptual Frameworks, Evaluation Approaches, and Institutional Perspectives. *Environmental Management*, 17(5): 587-600.
- Steinitz, C.F. (1970). Landscape resource analysis: the state of the art. *Landscape Architecture*, 69, 101-104.
- Steinitz, C. and Rogers, P. (1968). *A systems analysis model of urbanisation and change: an experiment in interdisciplinary education*, Graduate School of Design, Universidad de Harvard.
- Steinitz, C. and Sinton, D. (1969). *Program GRID*. Department of Landscape Architecture. Graduate School of Design, Harvard University, Massachusetts.
- Takhtajan, A. (1986). *Floristic Regions of the World*. Univ. California Press, Berkeley.
- Tansley, A.G. (1935). The use and misuse of vegetational terms and concepts, *Ecology*, 16: 284-307.
- Tarlet, J. (1977). Milieu naturel et aménagement. Les méthodes de planification écologique. *Annales de Géographie*, 474:164-200.
- Torrecilla, I. (1991). *Los sabinars (Juniperus thurifera) de la provincia de Segovia: cartografía, estado actual y evolución*. Tesis Doctoral, ETSIM, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Tricart, J. (1965). *Principes et méthodes de la géomorphologie*, Masson. Paris.
- Tricart, J. (1973). La géomorphologie dans les études intégrées d'aménagement du milieu naturel. *Annales de Géographie*, 82:421-453.
- Tricart, J. y Kilian, J. (1979). *L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel*. F. Maspero. París. (Tr. castellana por Ed. Anagrama: *La eco-geografía y la ordenación del medio natural*, Barcelona, 1982).
- Troll, C. (1939). Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*, 241-298.
- Unstead, J.F. (1916). A Synthetic Method for Determining Geographical Regions, *Geographical Journal*, 48:230-249.

- Unstead, J.F. (1926).** Geographical regions illustrated by reference to the Iberian Peninsula. *Scott. Geogr. Mag.*, 42:159-170.
- Unstead, J.F. (1933).** A system of regional geographic, *Geography*, 18:175-187.
- USDA (1975).** *Soil Taxonomy*. Soil Conservation Service, USDA Handbbook 436, US Goverment Printing Office, Washington DC.
- Vadillo, L. (1989).** Evaluación y corrección del impacto ambiental de la minería. En: F.J. Ayala y J.F. Jordá (eds.), *Geología Ambiental*, 187-197. ITGE, Madrid.
- Valenzuela, M. (1977).** *Urbanización y crisis rural en la Sierra de Madrid*. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.
- Valenzuela, M. (1992).** El Guadarrama de los noventa o lo metropolitano como riesgo. En: A. Saenz de Miera (dir.), *La Sierra de Guadarrama. Naturaleza, paisaje y aire de Madrid*, 291-311. Comunidad de Madrid, Madrid.
- Van Zuidam, R.A. and Van Zuidam, F.I. (1979).** *Terrain analysis and classification using aerial photographs*, ITC textbook of photo-interpretation, Vol. III, Use of aerial detection in geomorphology and geographical landscape analysis. Ch. 6., ITC, Enschede.
- Vaudour, J. (1977).** *Contribution a l'etude géomorphologique d'une région méditerranéenne semi-aride. La région de Madrid. Alterations, sols et paleosols*. Thèse, Université d'Aix-Marseille.
- Veatch, J.O. (1933).** *Agricultural Land Classification and Land Types of Michigan*. Michigan Agricultural Experiment Station, Special Bulletin N°. 231.
- Veatch, J.O. (1937).** The idea of the Natural Land Type. *Proceedings of the Soil Science Society of America*, 2:499-503.
- Verstappen, H.T. and Van Zuidam, R.A. (1968).** *ITC System of geomorphological survey. ITC Textbook of Photo-Interpretation, VII-2*. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.
- Verstappen, H.T. (1983).** *Applied Geomorphology. Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Elsevier, Amsterdam.
- Vinogradov, B.V., Gerenchuk, K.I. et al. (1962).** Basic Principles of Landscape Mapping. *Soviet Geography: Review and Translation*, 3(6):15-20.
- Waters, R.S (1958).** Morphological mapping. *Geography*, 43:10-17.
- Way, D.S. (1973).** *Terrain Analysis: A Guide to Site Selection using Aerial Photographic Interpretation*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.

- Westerveld, W.G., Pedroli, G.B.M. *et al.* (1984). Classification in Landscape Ecology. An Experimental Study. *Catena*, 11:51-63.
- Wilson, L. (1968). Morphogenetic classification. En: R.W. Fairbridge (ed.), *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold, N. York.
- Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil erosion. *Trans. Am. Geophys. Union*, 39:285-291.
- Whitman, I.L. *et al.*, (1971). *Final report on design of an environmental evaluation system to Bureau of Reclamation*. U.S. Dept. Int. Batelle-Columbus Lab.
- Wolfert, H.P. (1995). Use of the catena principle in geomorphological impact assessment: a functional approach. *Z. Geomorph. N.F.*, 39(4): 417-431.
- Wooldridge, S.W. (1932). The cycle of erosion and the representation of relief. *Scott. Geogr. Mag.*, 48:30-36.
- Wright, R.L. (1972). Principles in a Geomorphological Approach to Land Classification. *Z. Geomorph. N.F.*, 16(4):351-373.
- Yoldi, L. (1990). *Entorno y paisaje de una ciudad histórica (Segovia). Caminos para su conservación*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.
- Young, G., Steiner, F. *et al.* (1983). Determining the regional context for landscape planning. *Landscape Planning*, 10:269-296.
- Zamora, A. (1989). La influencia de los asentamientos humanos sobre el paisaje segoviano en el pasado. En: *Actas de las II Jornadas sobre el Paisaje*, 217-223. Academia de Historia y Arte de San Quirce. Segovia.
- Zonneveld, I.S. (1979). *Land Evaluation and Landscape Science*. ITC Textbook of Photo Interpretation, Enschede.
- Zube, E.H., Shell, J.L. y Taylor, G. (1982). Landscape perception: Research, application and theory. *Landscape Planning*, 9:62-79.

ANEXO

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

Según se indicó en el epígrafe 6.1.1, se incluye en este anexo la documentación relativa al estudio geomorfológico llevado a cabo para el sector oriental de la zona problema. Como también se señaló, su objetivo es completar la información y cartografía geomorfológica al objeto de poder realizar la clasificación del relieve propuesta.

1.1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA

Aun cuando se trate de caracterizar sólo un sector de la misma, los antecedentes y problemática geomorfológicos son similares para el conjunto de la vertiente septentrional de Guadarrama, Somosierra y Ayllón. Así, al igual que sucede con otras áreas de conocimiento y quizás por su proximidad a Madrid, los trabajos de carácter geomorfológico desarrollados sobre este sector nororiental del Sistema Central no pueden considerarse escasos; desde las primeras referencias de Guillermo Bowles a través de su *Introducción a la Historia Natural y a la Geografía Física de España* (1775), han sido numerosos los trabajos que de uno u otro modo se han ocupado de esta temática.

Los precedentes más significativos deben situarse en el contexto de la *Comisión del Mapa Geológico de España*, con una "nota sobre la constitución geológica de la provincia de Segovia" (Prado, 1854), y el *Mapa Geológico de la Provincia de Segovia* del mismo autor, publicado en 1856.

Con posterioridad, una serie de trabajos tratan este particular: "Excursión geológica por la provincia de Segovia" (Areitio y Quiroga, 1874); *Guía y Descripción del Real Sitio de San Ildefonso* (Breñosa y Castellarnau, 1884); *Descripción Física y Geológica de la provincia de Segovia* (Cortázar, 1891); "Fenómenos glaciares en San Ildefonso" (Macpherson, 1893); o "Excursión por el terreno cretácico de los alrededores de Segovia" (Calderón, 1897). Entre ellos, la obra que realiza un tratamiento más amplio es la debida a Cortázar (*op. cit.*); este trabajo se basaba sobre todo en las aportaciones de Prado, y en él, además de la problemática estrictamente geológica, se describen con cierto detalle los aspectos orográficos e hidrográficos para este sector.

En el primer tercio del siglo XX aparecen otra serie de artículos sobre aspectos geomorfológicos concretos: "Las arenas voladoras de la provincia de Segovia" y "El glaciar cuaternario de tipo pirenaico de la Buitrera", de F. Hernández-Pacheco (1923 y 1925 respectivamente), que tendrían su continuación en épocas posteriores; es el caso de un estudio sobre el glaciarismo en la vertiente noroccidental de Peñalara (Alfá *et al.*, 1957), periglacialismo de Guadarrama-Somosierra-Ayllón (Fränze, 1959), y sobre los 'mantos arenosos' de la Tierra de Pinares (Bravard, 1965).

Los trabajos que tratan aspectos evolutivos del relieve tienen su inicio a finales del siglo XIX, con Macpherson y Penck como figuras destacadas. Posteriormente serían continuados por E.

Hernández-Pacheco y una serie de autores franceses y alemanes; es el caso de Schmieder, Schröder, Schwenzner o Birot (ver Pedraza, 1994a). Algunos de ellos (Birot, 1937; Schwenzner, 1937) basan buena parte de sus aportaciones en el estudio de esta vertiente de las sierras de Guadarrama, Somosierra y Ayllón. Los estudios evolutivos fueron continuados después por Solé Sabarís (1952) y Birot y Solé (1954).

Lo que podemos considerar investigaciones modernas en geomorfología regional datan de finales de la década de 1970, muy centrados de nuevo en los aspectos evolutivos. En primer lugar tuvieron mayor incidencia en la vertiente meridional de Guadarrama y en la Sierra de Gredos (Vadour, 1977; Pedraza, 1978; Garzón, 1980), o bien en el la zona de transición con la Cordillera Ibérica (Gladfelter, 1971).

Un análisis de los trabajos que han tratado las hipótesis genéticas y la problemática evolutiva del Sistema Central aparece en Garzón *et al.* (1982) y Pedraza (1994b).

Para abordar los trabajos más recientes llevados a cabo de modo específico para esta vertiente septentrional, puede procederse a su agrupación en los dos campos más habituales en que está polarizada la Geomorfología como ciencia: el geográfico y el geológico.

Del primero destaca una serie de trabajos sistemáticos y de síntesis regionales sobre el Guadarrama (Bullón, 1977, 1981, 1988; Sanz Herraiz, 1977, 1988; Sanz Herraiz y Campoamor, 1981), así como una tesis alusiva a los terrenos cársticos de las comarcas de Prádena y Pedraza (Moreno Sanz, 1989).

Del campo geológico proceden: un estudio sobre el Guadarrama centro-oriental (Centeno, 1982); un trabajo regional que trata la problemática evolutiva del Guadarrama septentrional en relación con el macizo satélite de Santa María-Carbonero (Fernández García, 1988a); y los estudios geomorfológicos realizados en el marco del proyecto MAGNA para los sectores central y occidental de estas sierras (Fernández García *et al.*, 1990, 1991; Pedraza *et al.*, 1990, 1991; Bardají *et al.*, 1991; Sanz Santos *et al.*, 1991).

De una etapa más reciente, que podríamos referir como 'geomorfología de procesos' pueden señalarse una serie de trabajos sobre: glaciario (Centeno *et al.*, 1983; Martín Duque, 1992); evolución cuaternaria de la red fluvial y depósitos asociados (Fernández García, 1988b; Palomares *et al.*, 1992a, 1992b; Garzón y Fernández García, 1993; Fernández García y Garzón, 1994); fenómenos gravitacionales (Díez Herrero y Martín Duque, 1993); y modelado de vertientes (Tanarro, 1994, 1995, 1996).

Deben señalarse además otros estudios referidos específicamente a sectores de la cuenca del Duero, o Submeseta Norte, dentro de la provincia de Segovia, que son imprescindibles para correlacionar con los eventos morfológicos acaecidos en este sector de la Sierra: procesos fluvio-cársticos en el río Duratón (Bullón *et al.*, 1978; Eraso *et al.*, 1980; Díez Herrero *et al.*,

1996); geomorfología regional de la Tierra de Pinares (Calonge, 1986, 1987) y estudio sedimentológico de los arenales que la constituyen (Alcalá, 1982); superficies de erosión en el sector suroriental de la Cuenca del Duero (Molina y Armenteros, 1986); y geomorfología regional de la Serrezuela de Pradales (Cascos, 1991).

Por otro lado, en trabajos de síntesis sobre la sierra de Guadarrama, o el Sistema Central, puede encontrarse valiosa información referida a este sector: Pedraza (1989a, 1989b, 1992, 1994a), Garzón *et al.* (1991).

A la vista de estos antecedentes, uno de los problemas geomorfológicos más importantes en la región sigue siendo la correcta interpretación genética de las diferentes superficies de erosión —así como su edad—, las cuales además aparecen dominantes en el paisaje del conjunto serrano y sus áreas adyacentes. La de más difícil interpretación es aquella que conforma las rampas o piedemontes, que, a pesar de ser referida con frecuencia como de tipo *pediment*, podría ser en parte exhumada, teniendo en cuenta criterios ya recogidos en la literatura, como: ausencia de relieves residuales tipo *inselberg*, y existencia por contra de unos relieves alomados —cabezos en la toponimia local— próximos al tipo *monadnock* y más propios de una superficie tipo penillanura; su fosilización por pequeños retazos de materiales arcósicos miocenos en las proximidades de Segovia (barrio de Nueva Segovia) o por coberteras cretácicas en el sector oriental, con procesos inequívocos de exhumación muy reciente, incluso actual, o por coberteras terciarias en Somosierra-Ayllón.

El trabajo de Fernández García (1988a) puso de manifiesto además la necesidad de otorgar un verdadero significado a los denominados ‘macizos satélite’ en este sector de la cadena montañosa, y de conocer su relación evolutiva con el Sistema Central. Este aspecto es señalado también en Fernández García *et al.* (1993).

Tampoco han quedado suficientemente explicadas determinadas formas del modelado, tales como depresiones con fisonomía de circo en el dominio de las laderas de la Sierra, o morfologías erosivas de muy probable origen antrópico —directo o inducido—, como acarcavamientos en frentes de cuesta.

Otros aspectos que presentan problemas teóricos son la evolución cuaternaria de la red fluvial en el sector oriental, bien estudiada en el occidental (ver Fernández García, 1988a, 1988b; Fernández García y Garzón, 1994).

1.2. CLASIFICACIÓN MORFOGENÉTICA

Lo que en realidad se incluye bajo este epígrafe es una síntesis-explicación de cada uno de los elementos morfogénéticos comprendidos en el sector sobre el que se realiza la cartografía geomorfológica. La elaboración de esa cartografía se circunscribe a una porción de la cadena montañosa y su piedemonte que abarca desde el Puerto de Navacerrada hasta Grado del Pico,

en su límite con la Cordillera Ibérica; el límite suroriental es la divisoria hidrográfica, y el nororiental una línea paralela *grosso modo* a la anterior, incluyendo el enlace con la subcuenca terciaria; hacia el Este, solapa con las cartografías MAGNA (ver mapa geomorfológico).

1.2.1. Morfologías asociadas a las superficies de erosión (poligénico)

Se trata de formas asociadas a procesos antiguos. Son, por tanto, formas heredadas, relictas, que no están en equilibrio con las condiciones morfogenéticas dominantes en la actualidad.

1.2.1.1. Formas de denudación

Son dominantes, y casi exclusivas, como corresponde a los mecanismos que generan estas morfologías asociadas a superficies erosivas.

- *Superficie de erosión tipo penillanura formando cumbres, parameras, y hombreras*

Forma las cumbres principales, y la culminación de relieves menores; también aparecen como rellanos u hombreras en el dominio de las laderas de la Sierra. Morfológicamente son retazos de superficie que presentan un modelado alomado y conservan restos de regolito tipo *grus* (*gores* sobre rocas metamórficas y arenizaciones en los granitoides). Incluyen relieves residuales clasificables como *monadnocks*.

Las superficies de cumbres aparecen en la práctica totalidad de la culminación de los Montes Carpetanos, presentando uno de los mejores desarrollos de todo el Sistema Central en Los Pelados (Guadarrama Central) a una cota entre 2.000 y 2.100 m. También constituye la culminación de la Sierra desde el puerto de Navacerrada hasta el puerto de Guadarrama, y en la Sierra de la Mujer Muerta, donde tiene un carácter de divisoria (entre 1.950 y 2.000 m). Es visible además en el entorno de la Buitrera (Somosierra), y en Ayllón, también como una afilada divisoria (entre 1.800 y 1.900 m).

Otro tipo de altiplanicies, intermedias entre los piedemontes y las cumbres, corresponden a parameras y rellanos estructurales (hombreras), genéticamente similares a la unidad anterior. Aparecen en la vertiente norte del Guadarrama en zonas muy restringidas: a ambos lados de La Granja de San Ildefonso (Matabueyes —1.480 m— y La Atalaya —1.650 m), bordeando la depresión del río Moros (Los Calocos —1.570 m—) y en replanos intermedios (entorno de Navafría o Aldeavieja, donde son especialmente abundantes); está generalizada además en Malagón y en el enlace con la Cordillera Ibérica.

- *Superficie de erosión de piedemonte sobre el macizo cristalino*

Corresponde a la llanura rocosa desarrollada sobre el sustrato ígneo y metamórfico al pie de los relieves principales de las sierras. Desde un punto de vista genético se trata de la unidad

que mayores problemas presenta para su interpretación. Así, ha sido explicada: como un *pediment* semiárido, como una superficie grabada (*etchplain*) remodelada posteriormente por procesos de pedimentación semiárida; o como una superficie antigua exhumada. Determinados signos indican que se deba barajar esta última hipótesis: la inexistencia de relieves residuales de tipo *inselberg*, sino más bien asimilables a morfologías de *monadnocks*; y la existencia de retazos de sedimentos cretácicos (Adrada de Pirón, Veladiez), y miocenos (proximidades del barrio de Nueva Segovia) sobre dicha superficie. Este trabajo no ha hecho posible validar esta hipótesis, si bien ha permitido confirmar que amplios sectores de la misma (Espirido, La Mata, Arahuetes, Colladillo o Cañicosa) son inequívocamente exhumados de rocas sedimentarias cretácicas (superficie precenomanense); dicha exhumación es muy reciente, y en muchos casos actual.

En los bordes de dicha unidad y en las proximidades de los surcos subsecuentes, presenta una degradación que define replanos erosivos, tipo glacis, convergentes con los existentes en la subcuenca terciaria; su origen se asocia a la degradación ejercida por la red fluvial sobre la superficie, bien precretácica, bien de piedemonte remodelada.

- *Superficie de erosión de piedemonte sobre la cobertera mesozoica (mesas y plataformas)*

Aparece formando un arrasamiento casi generalizado sobre los diferentes corredores de la cobertera mesozoica (cretácica) de los piedemontes. De este modo, es posible reconstruir una superficie original a modo de rampa que, partiendo del piedemonte cristalino en el contacto con las laderas, a aproximadamente 1.200 m, biselaba series acinales y conjuntos buzantes correspondientes a flancos y cierres periclinales de pliegues, o bloques articulados por fallas en las coberteras mesozoicas, formando indistintamente relieves tabulares tipo mesa o plataforma, relieves en cuesta, *hog-backs* y crestas o barras. Con frecuencia aparece denunciada por una masa de gravillas de cuarzos y cuarcitas.

Por su carácter de 'rampa', presenta diferentes alturas en cada uno de los semigraben: en torno a los 1.160 en el bloque Gallegos-Prádena-Casla; y 1.080-1.100 m en los bloques Torre Val de San Pedro-Castroserna de Arriba, y Caballar-La Matilla. Es pues, reconocible en forma de 'retazos' en prácticamente todos los relieves cretácicos del sector: Casla, Casas Altas, Castroserna de Arriba, urbanización Los Cortos en Duruelo, Revilla, La Matilla, Valleruela de Sepúlveda, Valleruela de Pedraza, Pedraza, Cubillo, Valle de San Pedro, etc.

En muchos casos es difícil diferenciar entre superficies de erosión, y rellanos de origen fluvial, pues presentan una morfología convergente. En el primer caso, suelen formar la culminación de los relieves de la cobertera mesozoica, cuyo enrasamiento con la superficie del piedemonte en el macizo cristalino hace que sean más asociables a ésta; en el segundo caso, aparecen definidos allí donde la acción fluvial ha alcanzado capas horizontales o subhorizontales de rocas sedimentarias coherentes (calizas y dolomías), y se encuentran entonces a cotas inferiores que la superficie de erosión.

- *Superficie de erosión tipo penillanura (preceomanense), exhumada*

Se trata de exhumaciones muy recientes, probablemente holocenas en determinadas zonas, por desmantelamiento debido a la red fluvial de la cobertera de arenas cretácicas situada en el fondo de bloques tectónicos hundidos y surcos subsecuentes.

Aparece generalizada en torno a los ríos del Pontón y Cega, desde la localidad de La Revilla hasta Pajares de Pedraza. Presenta un aspecto alomado, y frecuentes restos de alteraciones caolínicas (inmediaciones del Molino del Pontón y de la población de Orejanilla). También en el cierre periclinal de Tejadilla-Ventosilla. En las proximidades de El Guijar, Torreiglesias y Carrascal, esta superficie es exhumada de materiales paleógenos.

- *Superficie de erosión tipo penillanura (preceomanense), en proceso de exhumación*

Sus características son similares a la unidad anterior, sólo que en este caso aún no se encuentra totalmente exhumada; sino cubierta por pequeños espesores de arenas cretácicas, sujetas actualmente a procesos de arroyada en manto (*sheet flow*) sobre todo, y en menor medida concentrada (*rill wash*).

Una superficie de este tipo aparece generalizada en el interior (núcleo) del cierre periclinal de Valleruela de Sepúlveda-Valleruela de Pedraza, y en las inmediaciones de varios surcos subsecuentes, donde aún no han sido lavadas las arenas cretácicas: La Mata-Arahetes, Caballar-El Guijar, Cañicosa-Pradenilla.

- *Relieves residuales tipo monadnock*

Formas alomadas y de sección más común alargada, que en la toponimia local reciben el nombre de 'cabezos', dada su fisonomía. Se reconocen, tanto sobre la superficie de cumbres y parameras, como en la exhumada bajo los relieves cretácicos; incluso en la de piedemonte sobre el sustrato cristalino (Peña Redonda, El Pico de la Dehesa), lo que, como ya se indicó, dificulta su interpretación genética como superficie tipo *pediment*.

- *Relieves residuales de culminación plana*

Enlazan con la superficie del piedemonte por laderas bien definidas y un *nick* marcado en su base. Son muy comunes en las inmediaciones de Navafría-Gallegos (El Carrizal, Navacollado, la Mata Buena), con culminaciones entre 1.300 y 1.400 m. Parecen corresponder a un antiguo nivel de arrasamiento, en una posición superior a la actual superficie de piedemonte, y asimilables por tanto a los 'niveles intermedios' reconocidos por otros autores en el Sistema Central (Pedraza, 1978; Centeno *et al.*, 1983; Fernández García, 1988a), y que incluso ha dado lugar a la definición informal de una 'superficie intermedia' entre el piedemonte y los niveles que definen parameras.

1.2.1.2. Formaciones superficiales

Dado el carácter erosivo que ha dominado la formación de las superficies, apenas aparecen formaciones superficiales asociadas a ellas, y únicamente lo hacen como tales, restos de alteración del sustrato.

- Alteritas

Sólo reconocibles cuando aparece desmantelada (exhumación reciente) la cobertera cretácica, en general en surcos subsecuentes y fondos de depresión exhumados, tratándose entonces de una alterita preconiense o preceñomane; también en Ventosilla-Tejadilla se reconoce una arenización generalizada sobre el granito. En la Sierra de Ayllón (El Negredo), a expensas de las pizarras aparece desarrollada una alterita alúmnica (caolínica) de edad terciaria.

1.2.2. Morfologías de origen o asociación con la estructura

De la interferencia entre las estructuras tectónicas o la disposición de los materiales y los procesos del modelado derivan toda una serie de configuraciones que, por estar controladas por los primeros, pueden catalogarse como 'estructurales'. Entre ellas podemos distinguir:

1.2.2.1. Morfologías asociadas a la estructura tectónica (tectoestructurales)

Se trata de escarpes originales atenuados por la erosión o relleno; en ocasiones corresponden a una combinación de los tipos 'heredado' y 'atenuado'.

- Laderas de origen tectónico

En realidad, se asocian con grandes fracturas, por lo que parece tratarse de escarpes de falla; de trazado rectilíneo y pendientes fuertes, su configuración se encuentra más o menos modificada por diferentes procesos del modelado: fluvio-torrenciales, glaciares, periglaciares y gravitacionales, como más destacados, lo que posibilita que presenten un recubrimiento coluvionar o edáfico más o menos continuo.

- Escarpe tectónico (falla) con expresión morfológica

Escarpes de falla de actividad o exhumación reciente (prácticamente originales), por lo cual aparecen escasamente modificados en sus características iniciales. Son, en general, de configuración similar a las laderas de la sierra, pero sin tanta entidad morfológica (desarrollo del orden de metros a decenas de metros). Son ejemplos de los mismos las alineaciones: Arahetes-Tejadilla, Collado-La Salceda, Prádena-Casla-Sigueruelo.

1.2.2.2. Asociadas a la disposición de los materiales (litoestructurales)

La morfogénesis aquí está dirigida por las características y disposición de las rocas. Se trata por tanto de formas estructurales 'derivadas' (Pedraza *et al.*, 1996a).

- Escarpe estructural en series monoclinales (frente de cuesta)

Con gran frecuencia, su culminación coincide con la superficie de erosión del piedemonte, desarrollada sobre series monoclinales. El frente de cuesta es una ladera corta y en general de fuerte pendiente, a cuyo pie se desarrollan redes ortoclinales o subsecuentes; en su base se aparecen los relieves exhumados del zócalo ya referidos, con frecuencia cubiertos por la alterita caolínica. Los frentes de cuesta aparecen de forma continua limitando los bloques de las coberteras de Prádena, Pedraza y El Cubillo.

- Dorso de cuesta

Ladera tendida, siguiendo la inclinación de las capas, de mayor longitud y menor pendiente que el frente de cuesta; aparece disectada por ríos y arroyos de disposición consecuente, definiendo encajamientos cataclinales tipo 'ruz'. Aparecen con un desarrollo amplio en las proximidades de Matabuena, Matamala, Arcones y Caballar.

- Escarpe estructural en series horizontales y subhorizontales

Cornisa subvertical definida en los bordes de las plataformas estructurales y relieves tipo mesa, normalmente sobre calizas y dolomías masivas, condicionados por la disposición horizontal de las capas y el diaclasado ortogonal a las mismas. Son más comunes en el bloque de cobertera mesozoica de Pedraza, donde la disposición horizontal de los materiales sedimentarios es más nítida (Las Vegas, Pedraza, Orejanilla, El Arenal, La Revilla).

- Hog-back

Escarpe que indica una mayor inclinación en las capas sedimentarias; aparecen en los bordes donde los cabalgamientos del basamento sobre las coberteras mesozoicas han inducido un mayor buzamiento en las series sedimentarias.

- Cresta o barra

Aparecen dos tipologías bien diferentes: sobre materiales cretácicos, allí donde éstos aparecen verticalizados y posteriormente afectados por las superficies de erosión (Carrascal-Caballar, Valle de San Pedro-Pedraza); y en cuarcitas en la sierra de Ayllón, en este caso, exagerados por gelifracción (comunes en el sector de la Sierra de Ayllón comprendido entre el Puerto de la Quesera y el mirador de Piedrasllanas).

- Relieve residual lineal

Morfologías a modo de cresta o barra, originadas por la erosión diferencial de diques de cuarzo, aplita, o pórfido, los cuales presentan mayor resistencia litológica y forman por tanto relieves positivos. Aparecen bien definidos en La Mata de Pirón (Sotosalbos), en los relieves culminantes de la Atalaya, y al sur de Matamala, siguiendo las direcciones de fracturación principales del macizo.

- Superficie estructural (terraza erosiva)

Superficies horizontales sobre rocas coherentes (compactas), que presentan un claro control litoestructural, condicionado por la disposición horizontal de los estratos; en realidad se trata de verdaderos planos de estratificación. Tienen este origen los replanos erosivos situados en las márgenes del río San Juan (en el contacto entre las litologías dolomíticas masivas y las series superiores margosas del Cretácico Superior), y en los relieves del límite nororiental del área de estudio, ya en los dominios de la Cordillera Ibérica.

I.2.3. Morfologías de origen gravitacional

Entre las configuraciones de la superficie del terreno en que intervienen estos fenómenos, tratamos bajo este epígrafe aquéllas debidas de forma específica o preponderante a la acción gravitatoria. Según esta definición, su análisis presenta ciertas dificultades, en tanto normalmente se encuentran asociadas a otros procesos, sobre todo periglaciares y de arroyada.

I.2.3.1. Formas del modelado

En realidad no constituyen fisonomías autónomas como tal, sino que forman parte del mismo complejo que incluye las formas de acumulación.

- Cicatriz de deslizamiento

Coronación a modo de circo o anfiteatro, con un marcado escarpe erosivo que, en el dominio de las laderas de la Sierra, limita superficies de tipo cumbres o paramera. Son convergentes con nichos de nivación, depresiones soligelifluidales y circos de origen glaciar; ello es así, en muchos casos, debido a que son estas morfologías de origen gravitacional las que condicionan el desarrollo de las citadas, pero que una vez modificadas, ya no son asociables al proceso gravitacional estricto. Con frecuencia, en el interior de la masa deslizada se producen nuevas cicatrices de rejuvenecimiento.

Si no se encuentran sustancialmente modificadas por procesos periglaciares o glaciares, suelen definir lo que en otro tipo de trabajos o estudios aparece como 'cabeceras torrenciales', caracterizadas por ser zonas de concentración de la escorrentía pluvial y pluvio-nival en cuencas de recepción, que en su interior están recubiertas frecuentemente por depósitos coluvionares y canchales. Son muy frecuentes en las laderas de la superficie de Los Pelados (sector Puerto de Navafría-Puerto de Malagosto).

1.2.3.2. Formaciones superficiales

Por lo general, tiene carácter paraautóctono, en tanto no presentan un transporte efectivo.

- Lengua de deslizamiento

Constituye el material deslizado en procesos de tipo 'deslizamiento'. En las laderas de la sierra, es frecuente que este material haya estado afectado por la soligelifluxión, razón por la cual, lo que en origen son deslizamientos más o menos 'puros', aparecen después como lenguas y lóbulos de soligelifluxión. En general se trata de aglomerados matriz-sostenidos con una notable heterometría; suelen contener grandes bloques angulosos en matriz arcillo-limosa.

- Coluvión

Derivan de procesos gravitacionales 'mixtos', dado que en realidad los que podríamos definir como 'puros' son más bien infrecuentes, pues en mayor o menor medida se encuentran asociados a otros (asistidos), como periglaciares y sobre todo de arroyada. Cuando la intervención del hielo-deshielo o la soligelifluxión es decisiva, se asocian más al periglaciario, razón por la cual se estudian en ese apartado.

Se los considera pues derivados de procesos mixtos gravitacionales-arroyada, con participación de procesos asociados al periglaciario, como la solifluxión, aparte de la propia gelifración en los escarpes superiores, origen de los fragmentos más gruesos de la formación; por esta razón, se los supone una edad equivalente a la fase würmiense.

Las formaciones superficiales coluvionares producen un depósito continuo que, a modo de derrame, se sitúa en la base de las laderas; se reconocen a expensas de todo tipo de sustratos: carbonáticos (al pie de frentes de cuesta) con tendencia a la ordenación, por lo que se asemejan a *grezès liteés*; ígneos y metamórficos del macizo cristalino (en las zonas de enlace entre las laderas de la sierra y el piedemonte); y arcósicos (paleógenos y neógenos de la cuenca).

1.2.4. Morfologías de origen periglaciario

Son abundantes en todo el ámbito de la Sierra, y son atribuibles en su mayoría al periodo würmense.

1.2.4.1. Formas del modelado

Es un hecho destacado en la literatura que el periglaciario no suele producir formas de erosión propias, sino que en la mayor parte de los casos se limita a 'remodelados' de formas previas (Pedraza *et al.*, 1996a).

Así, cuando la dinámica periglaciario actúa en un contexto espacial o temporal amplio, tiende a 'remodelar' las morfologías existentes, dando lugar a una serie de resultados característicos, pero que normalmente cuentan con la participación de otro tipo de procesos (arroyada, gravedad). Entre ellos figuran una serie de 'macroformas', como las vertientes regularizadas —también llamadas regladas o de Richter—, las superficies de crioplanación, los valles de fondo plano, y los valles disimétricos.

Sanz Herraiz (*op. cit.*) otorga una gran importancia al remodelado periglaciario en este sector, hasta el punto de hacerle responsable, en buena medida, de la configuración actual de cumbres, collados y parte superior de las laderas. En el dominio del piedemonte, la actividad periglaciario también ejerció su influencia en los periodos fríos pleistocenos.

Sin embargo, una persistencia en las acciones puede dar lugar a modelados específicos. A diferencia de los anteriores, se trata de morfologías de origen netamente periglaciario. Con frecuencia consisten en microformas (suelos estructurados); en otros casos, en cambio, tienen verdadera entidad morfológica (regueros, circos, escarpes).

- Vertientes regularizadas

En el ámbito de la Sierra, tienen su mayor desarrollo en el interior de superficies de erosión elevadas a diferentes alturas (Los Pelados, Siete Arroyos-Chorro Grande). En el piedemonte, presentan esta tendencia determinadas vertientes sobre materiales mesozoicos, más frecuentes sobre las litologías margosas y arenosas. La gelifluxión y la crioclastia son los procesos responsables de esta evolución.

- Valles de fondo plano

Tienen su origen en el relleno de valles de diferente génesis —torrencial sobre todo— por lenguas de solifluxión. Sanz Herraiz (1988) destaca su presencia en el Guadarrama Oriental, junto con los denominados 'valles en cuna'. De nuevo, son más frecuentes en la superficie de Los Pelados, y al SE de San Ildefonso, en las cabeceras de Chorro Grande y Chorro Chico.

- Valles asimétricos

Su formación se debe a la influencia que ejerce en el modelado la orientación diferencial en las laderas de valles que han estado sujetos a la acción periglaciaria; en este espacio, en general, las altas vertientes situadas a sotavento (tendencia Este), han sido modeladas por la acción nival y del hielo (nichos nivales y glaciares), y en consecuencia presentan un perfil abrupto e irregular; mientras tanto, las vertientes situadas a barlovento (tendencia Oeste), han estado preferentemente modeladas por la acción criogénica del hielo-deshielo y la gelifluxión, y ofrecen por tanto una tendencia a la regularización. Estas morfologías son muy evidentes, por ejemplo, en las cabeceras de los arroyos Artiñuelo y el Chorro.

- Circos-nichos de nivación

Morfología relativamente común en Guadarrama, y más escasa en Somosierra-Ayllón. Su clasificación como tal a veces es problemática, pues, como señala Pedraza (1994c), existe toda una transición desde simples cabeceras torrenciales, que actúan como neveros ocasionales, hasta los verdaderos circos glaciares.

Por todo ello, de acuerdo con este autor, sería necesario profundizar en los criterios que permitiesen establecer unas morfologías 'tipo'. Ese trabajo se sale de nuestros objetivos, y estaría más centrado en una investigación específica sobre periglaciario en este sector. En todo caso, nos limitamos a correlacionar determinadas morfologías con las clases señaladas por Pedraza (*op. cit.*): neveros ocasionales (Malagosto); circos solifluídales-nichos de nivación (Alto del Parrinoso, puerto de los Neveros, Reventón, cabecera del arroyo de los Carneros); circos de nevero o *névé*, con ordenación de derrubios o morrenas (Collado de la Flecha, cabecera de Chorro Chico); circos glaciares incipientes, con signos de pulido y ordenación de derrubios (Peñacabra y el Artiñuelo); y verdaderos glaciares de circo, con morrenas de flujo (Romalo Pelao, El Chorro, Las Pozas).

La asignación a uno u otro grupo se complica por la influencia que sobre morfologías originales pudiera haber tenido el periglaciario posterior. Así, en Peñacabra y el Artiñuelo existen indicios sobre la existencia de morrenas de flujo, que podrían haber sido degradadas por la acción periglaciaria y/o torrencial (Centeno, 1982; Sanz Herraiz, 1988).

- Circos solifluídales

Se trata de depresiones en forma de circo, con un fondo plano o lobulado, normalmente relleno por depósitos solifluídales, y ocasionalmente por turberas o morrenas de nevero. Por su singularidad genética, su escasa descripción en la literatura, y por las aportaciones que se derivan de nuestra investigación, explicaremos esta morfología con cierto detalle en un epígrafe final (I.3.2) referido a las "aportaciones del estudio morfogenético".

- *Regueros de arroyada nival*

Se trata de verdaderas incisiones a modo de reguero o torrentera (*gullies*). Tienen relativa importancia en la vertiente occidental de Peñalara, y en la superficie de Los Pelados, y son frecuentes en toda la Sierra de Ayllón (entorno del pico del Lobo y estación invernal de La Pinilla). Para el sector occidental del Guadarrama, Bullón (1988) señala una posible inducción antrópica en su funcionamiento, debido a procesos de deforestación.

- *Escarpes y perfiles de gelifracción*

Consisten en cornisas y paredes rocosas verticalizadas, cuya morfología deriva directamente de los procesos de crioclastia o gelifracción en las rocas.

Son más frecuentes en la Sierra de Ayllón, donde las litologías cuarcíticas y las estructuras a modo de crestones son más favorables a su formación, dando origen a verdaderos cuchillares y cresterías: collado de La Buitrera, Peñasllanas. En el ámbito de Guadarrama-Somosierra son, en cambio, más escasos: Peña Berrocosa y el Risco de los Claveles son algunos de los mejores ejemplos de escarpes de gelifracción en este sector.

1.2.4.2. Formaciones superficiales

Se sigue el criterio de Pedraza *et al.* (1996a) de agrupar las formaciones superficiales según su aparición 'sobre', 'en', o 'bajo' el suelo. Esta distinción permite conocer su relación con el sustrato, y por tanto su mayor o menor carácter de aloctonía.

Las formaciones 'sobre' la superficie del suelo son generalmente alóctonas, es decir, han sufrido un cierto transporte, y por tanto entran dentro de la clasificación más común de 'formaciones superficiales'. Están constituidas por: derrubios de vertiente (canchales o pedreras); derrubios empastados (coluviones periglaciares); morrenas de nevero; derrubios estructurados (morrenas de glaciar rocoso); lenguas y coladas de avalancha nival; y navas de altura.

Las formaciones 'en' la superficie del suelo tienen carácter autóctono o paraautóctono, en tanto se localizan en la franja del suelo que está en contacto con la atmósfera. Fränze (1959) y Sanz Herraiz (1988) consideran la estructuración y movilización como un proceso generalizado a todos los derrubios periglaciares (pedreras, coluviones periglaciares), en donde los lóbulos o lenguas soligelifluidales, y la estructuración en figuras bien definidas, no serían sino un desarrollo localizado de ese fenómeno debido a crioturbación y geliflución.

Por último, las formaciones 'bajo' la superficie del suelo corresponden a hinchamientos, en general de pequeñas dimensiones, formando pequeños campos de céspedes almohadillados en hombreras, rellenos de depresiones de origen glaciar y nival, y circos solifluidales.

- *Derrubios de vertiente (canchales o pedreras)*

Son materiales producto de la fragmentación de las rocas por gelifracción, y su posterior movilización gravitacional y/o soligelifluidal sobre una formación superficial infrayacente de material más fino (Sanz Herraiz, *op. cit.*). Este movimiento de soligelifluxión posibilita que no exista una estructuración de los materiales más gruesos en las partes bajas de la ladera, lo que le diferencia de una dinámica puramente gravitacional. Este proceso, a su vez, lleva a convertir los amontonamientos de bloques en un tapiz continuo, que tiende a regularizar las vertientes.

Junto con los coluviones periglaciares, recubren importantes extensiones en las partes más elevadas de las laderas de la Sierra, normalmente por encima de los 1.400-1.600 m. Con bastante frecuencia se localizan al pie de escarpes rocosos de los que procede el material por crioclastia, con más facilidad bajo cresterías cuarcíticas en la Sierra de Ayllón, en las inmediaciones del Puerto de la Quesera (Cancho de la Pedrosa, La Buitrera). En Guadarrama-Somosierra, son especialmente abundantes en la vertiente noroccidental del macizo de Peñalara, y en general en toda la vertiente septentrional desde el Puerto de Navafría hasta Tres Provincias.

Teniendo en todos los casos una naturaleza muy similar, desde un punto de vista fisonómico (ver Pedraza, 1994c), pueden distinguirse formas de: abanico, rellenando cuencas de recepción torrencial en forma de hemicono invertido (Las Traviesas, Monte de la Muela, cabeceras de los ríos y arroyos de los Tejos, Pirón, Cambrones, Siete Arroyos, Las Quemadas, Chorro Grande); en derrames (La Peña Negra, Peña Berrocosa, Peñalara); o formando pequeños conos a la salida de corredores-fractura (en general, en el interior de circos glaciares, favorecidos por la existencia de afloramientos rocosos).

- *Derrubios empastados (coluviones periglaciares)*

Es la formación periglaciaria más abundante en todo el sector estudiado. Constituye un manto discontinuo que tapiza gran parte de las laderas de la Sierra, siendo especialmente preponderantes desde el Puerto de Navacerrada hasta el de Malagosto, y en toda la Sierra de Ayllón, donde forman un recubrimiento casi continuo de las vertientes, sólo interrumpido por pequeños afloramientos rocosos y regueros de arroyada nival. En esta sierra alcanzan cotas muy bajas, y de hecho llegan a enlazar con los ápices a partir de los cuales se abren los abanicos de piedemonte de las rañas. En el mapa geomorfológico, aparecen representados allí donde tienen un desarrollo importante, reflejo por la práctica inexistencia de afloramientos rocosos en su dominio. En general, tienen su mejor definición rellenando cabeceras torrenciales. Su origen se debe a una intensa y continuada acción periglaciaria, mediante procesos de hielo-deshielo en el suelo (crioturbación), que fragmentan una y otra vez el material, y su movilización por soligelifluxión y reptación.

Para Sanz Herraiz (1988), quien también se refiere a ellos como 'pedrerillas empastadas', estas formaciones han tenido una gran influencia en el modelado de las superficies culminantes y laderas altas, habiendo sido muy intensas en el pleniglaciario, y cuya actividad continua incluso hoy, aunque atenuada. En el sector Somosierra-Ayllón, por su clara asociación con los abanicos plio-pleistocenos de las rañas, se les considera pleistocenos (Pedraza, 1989b).

- *Morrenas de nevero*

Formaciones superficiales originadas por fenómenos de caídas desde los escarpes, cuyo material se moviliza 'deslizándose' sobre el nevero, y se acumula en su frente. Los ejemplos más típicos son el collado de la Flecha y la cabecera de Chorro Chico. Litológicamente, se trata de una formación heterométrica similar a los *till* glaciares.

- *Derrubios estructurados (morrenas de glaciar rocoso)*

Se interpreta como tal el conjunto morrénico de la vertiente occidental de Peñalara. Se trata de un frente con varias crestas o arcos, debidas a un posible flujo en los derrubios. Aquí, el problema está en la explicación de esa estructuración, y en conocer si es debida a morrenas de nevero, o a la deformación asociada al flujo de la masa en una matriz intersticial de hielo o neviza (Pedraza, 1994c).

Sanz Herraiz (*op. cit.*) atribuye la existencia de varias crestas morrénicas a la frecuencia en la fusión de los hielos. En cambio, Pedraza *et al.* (1991) describen el complejo morrénico como derrubios groseros estructurados por flujo incipiente de hielo intersticial. Según esta hipótesis, las crestas tienen su origen en un flujo de los derrubios debidos a una masa de neviza o hielo, habiendo funcionado el sistema entonces como un glaciar rocoso.

- *Lenguas y coladas de avalancha nival*

Tienen su mejor desarrollo en el circo occidental de Peñalara, en el interior del arco morrénico, y al pie de los importantes regueros desarrollados en toda la vertiente del circo. Se trata de acumulaciones de derrubios a modo de cono, a partir de zonas de descarga de los surcos-regueros de arroyada nival. Al parecer, su funcionamiento es similar a las coladas de barro (transporte fluidal), desencadenado por una avalancha de nieve que arrastra parte del sustrato, formando el reguero, y depositando el material a su pie.

- *Navas de altura*

Aparecen en fondos de antiguos circos glaciares (ombligos), y en el interior de cierres morrénicos (Pico del Lobo); en otros casos se sitúan como navas de altura (superficie de Los Pelados). Presentan una dinámica inequívocamente asociada al periglaciario: presencia de aguas de fusión nival, crioturbación, soligelifluxión, etc., razón por la que se diferencian claramente de las navas del piedemonte.

En el municipio de Gallegos, hemos podido comprobar como se 'induce' su formación, para proporcionar agua y pastos al ganado; para ello, excavan en las formaciones superficiales hasta alcanzar niveles subsuperficiales saturados, dando origen a un pequeño manantial, a cuyo pie, por los procesos descritos, se forma una pequeña 'tolla'.

- Lenguas y lóbulos de soligelifluxión

Son frecuentes en todo el dominio serrano estudiado, sobre todo en alturas que sobrepasan los 1.600 m (Siete Arroyos, Chorro Grande). Se deben a una dinámica de flujo (solifluxión), y están muy relacionados con la existencia de manantiales y rezumes de aguas subsuperficiales. De hecho, la saturación en agua condiciona el despegue de la masa movilizada y el movimiento en la modalidad de flujo. Para Pedraza (1994c), este movimiento se aproxima más al 'creep' o reptación que a la solifluxión, ya que con frecuencia aparecen en cotas muy bajas.

- Suelos estructurados

Según lo recién expuesto, consisten en organizaciones del material del suelo debido a tensiones criohidroestáticas (hielo-deshielo) y a gelifluxión. Dan origen así a rosetones, guirnaldas, terracillas, o poligonizaciones. Son comunes en la superficie de Los Pelados, en el Puerto de los Neveros, y en Dos Hermanas.

- Césped almohadillado

Es la única morfología de hinchamiento reconocible en el área, si bien la cita de verdaderos hidrolacólitos en la cabecera del río Sorbe (Pedraza *et al.*, 1987), en la propia sierra de Ayllón, no descarta la posibilidad de su existencia en el dominio estudiado.

El césped almohadillado se desarrolla sobre todo en turberas, tollas y trampales, donde la presencia de agua fue y es abundante. Se deben a pequeñas segregaciones de hielo que, una vez desaparecido, condicionan el crecimiento vegetal. Son frecuentes en Peña Negra y Las Traviesas (Gallegos). Por sus reducidas dimensiones no quedan reflejados en el mapa geomorfológico.

1.2.5. Morfologías de origen glaciar

El fenómeno glaciar en la región estudiada puede considerarse de muy escasa incidencia. En efecto, el glaciario en Guadarrama es escaso, pero aún lo es más en su vertiente septentrional; en la Sierra de Ayllón, la tendencia varía debido a la influencia de los vientos 'abregos' del NE. Así las cosas, en toda la vertiente norte de las Sierras de Guadarrama y Somosierra-Ayllón son reconocibles como tales únicamente seis complejos glaciares, los cuales quedan incluidos en el conjunto cartografiado.

Sin embargo, a pesar de su escaso desarrollo, ha sido éste un tema objeto de numerosos trabajos de investigación. En un principio, se intentaba caracterizar la influencia que pudieron tener las principales glaciaciones cuaternarias ya reconocidas en otras regiones de Europa. Con este propósito, Macpherson (1893), —al igual que ya hicieran Prado (1864) y el propio Macpherson (*op. cit.*) para la vertiente meridional—, atribuyó a la acción glaciaria una importancia extraordinaria, haciéndola responsable de unos depósitos en realidad torrenciales, situados en la confluencia de los arroyos del Chorro Grande y del Chorro Chico, en el término de San Ildefonso; con esta interpretación, Macpherson situaba el límite del avance glaciario en la vertiente septentrional del Guadarrama, a tan sólo 1.200 m. El primer autor en apercibirse de ese error, y en caracterizar adecuadamente la importancia y extensión del glaciario en Guadarrama, fue Penck (1894), quien señaló que el límite de las nieves perpetuas se había situado en torno a los 2.000 o 2.100 m, indicando ya la circunscripción mayoritaria de las morfologías de origen glaciario a las zonas más elevadas de los contrafuertes del valle del Lozoya. Años más tarde destaca el trabajo de Obermaier y Carandell (1917), uno de los escasos trabajos de conjunto sobre la problemática glaciaria en Guadarrama, en el cual se describen con detalle numerosos restos glaciares de la vertiente meridional.

La primera cita de un complejo glaciario en las vertientes septentrionales de Guadarrama y Somosierra-Ayllón se debe a F. Hernández-Pacheco (1925), quien explica la morfología de la Buitrera-Pico del Lobo. Lo más destacado de este trabajo se debe a que pone de relieve un cambio en la tendencia ascendente en la línea de nieves perpetuas en el Sistema Central desde la Sierra de La Estrella hacia el oeste; esta circunstancia es explicada por una mayor influencia de los vientos del NE, fríos y húmedos, en Somosierra y Ayllón.

Alfá *et al.* (1957) interpretan erróneamente unos depósitos de origen torrencial existentes en la confluencia de los arroyos La Chorranca, Peñalara y Las Quemadas, en San Ildefonso, situados a 1.420 m, a los que atribuyen un carácter morrénico. Para esta época, sobresale el trabajo de Fränze (1959), quien desecha la hipótesis de Alfá *et al.* (1957); este autor alemán destaca además por describir nuevos focos, y localizar, sintetizar y caracterizar mejor el fenómeno glaciario en Guadarrama y Somosierra-Ayllón; a él se debe, por ejemplo, el reconocimiento de una sola fase glaciaria, atribuible al Würm alpino.

Con posterioridad, Sanz Herraiz (1977, 1988), Centeno (1982), Centeno *et al.* (1983), Bullón (1988) y Martín Duque (1992), aportan nuevos datos al estudio del glaciario en la vertiente septentrional del Guadarrama, describiendo nuevos aparatos glaciares y realizando cartografías de detalle de los mismos. Su estudio, sin embargo, no puede abordarse sin tener en cuenta los trabajos realizados en sectores serranos adyacentes (Ontañón y Asensio, 1974; Sanz Donaire, 1976; Pedraza y Centeno, 1987; Pedraza *et al.*, 1989).

1.2.5.1. Formas de erosión

Tienen muy escasa repercusión a nivel morfológico, debido a la acción limitada que pudieron ejercer los hielos; se restringen a:

- Circos glaciares

Cabeceras en anfiteatro con un escarpe muy nítido, desarrolladas en el límite entre la superficie de cumbres y las laderas. En Peñalara en cambio, esta morfología está muy difuminada por procesos periglaciares posteriores, y sólo en la margen suroccidental de este recuenco, y por tanto con orientación prácticamente N-NE, aparece un pequeño circo o nicho.

- Rocas pulidas

Superficies rocosas uniformizadas por el desgaste del hielo en el interior de los circos. Este tipo de pulido es evidente además en algunos nichos de nivación (Peñacabra y Artiñuelo).

1.2.5.2. Formaciones superficiales

Acumulaciones de depósitos tipo 'till', de naturaleza conglomerática heterométrica, de muy escaso significado geomorfológico.

- Depósitos de till

Los más comunes forman morrenas laterales, con una morfología bien definida en *vallum* en el Lobo y Cebollera, y difíciles de reconocer en los complejos de Los Pelados. En algunos glaciares (Lobo, arroyo de las Pozas, Romalo Pelao), aparecen pequeñas morrenas de fondo, sobre las cuales, bien se desarrollan turberas, bien se encaja la red fluvial.

1.2.6. Morfologías de origen fluvial

Junto con los periglaciares ya descritos, los procesos fluviales han sido los más efectivos en el modelado de esta región.

1.2.6.1. Formas de erosión

Tienen un carácter dominante, pues el régimen general en toda esta región para el periodo cuaternario es erosivo.

- Regueros (gullies)

Incisiones lineales con morfología en surco, que denotan una jerarquización incipiente de la red fluvial. Llegan a este estado tras pasar por una primera fase de arroyada concentrada,

manifiesta en morfologías de tipo acanaladura o *rill*, en las cuales se produce una concentración inicial de las aguas pluviales. De igual modo, los regueros son morfologías de tránsito hacia los acarcavamientos, con los cuales se encuentran asociados.

Son más frecuentes a expensas de litologías poco compactas (arenas, arcillas, arcosas), y por tanto se desarrollan sobre arenas y arcillas cretácicas, a partir de los materiales paleógenos y miocenos de relleno de la subcuenca terciaria, y en el dominio de la raña.

- *Cárcavas (badlands)*

Caracterizadas por su elevada densidad de drenaje, son muy frecuentes en los bordes de la unidad definida por la 'raña', en todo el entorno de Riaza; son también comunes en los frentes de cuesta y laderas de relieves estructurales y en las márgenes derechas de los ríos Aguiasejo, Riaza, Serrano, Duratón y Caslilla, como consecuencia de la migración lateral, y descenso del nivel de base por encajamiento, de los canales principales hacia esa orientación. Presentan una cabecera en forma de escarpe, una red dendrítica en su interior, que desemboca en un colector principal, y pequeños conos de deyección o conos coalescentes a su pie.

- *Gargantas*

Son la forma de incisión fluvial más común en el dominio de la sierra y en los piedemontes sobre rocas cristalinas, donde normalmente están controladas por la red de fracturas (Vadillo, La Calzada, Valdeobispo). Aunque de manera más escasa, también presentan esta fisonomía determinados tramos de la red sobre los materiales de la cobertera mesozoica.

- *Cañones y valles de fondo plano*

Tipología de encajamiento fluvial más frecuente en los materiales sedimentarios mesozoicos, formando laderas de tipo: cantil o escarpe, talud, y fondo plano. En su formación, además de los procesos fluviales, han intervenido procesos cársticos, gravitacionales y periglaciares; también se detecta en todos ellos un neto control litoestructural que viene determinado por la existencia de terrazas erosivas a modo de pavimentos y el control de las direcciones de drenaje superficial y subsuperficial por las orientaciones de fracturación y plegamiento.

Los más llamativos los conforman: el río Cega, entre Valle de San Pedro y La Velilla, y sobre todo entre Pajares de Pedraza y Rebollo; el río San Juan, entre Castroserna de Arriba y Valdesaz; y el río Caslilla, entre Casla y la urbanización 'Los Cortos', en Duruelo; también son notables los que han elaborado los arroyos de la Vega (Requijada), La Matilla (El Cubillo), Horcajo (Caballar) y Vadillo (Pedraza).

- *Barrancos, vaguadas y vagonadas*

Encajamiento de la red con perfil transversal tiene forma de artesa, más o menos amplia, en función de lo cual recibe las diferentes denominaciones. Con frecuencia presentan un fondo

tendente a plano, con material aluvial-coluvial en su fondo, así como un coluvionamiento generalizado en su contacto con las laderas que los confinan. En periodos de pluviosidad excepcionales, tiene lugar un encajamiento en los materiales que rellenan el fondo, lo que otorga al conjunto una fisonomía de pequeño 'valle compuesto'.

Son la morfología más típica de la red en el dominio de la subcuenca terciaria Valverde-Ayllón (Turégano, Muñoveros, San Pedro de Gasillos, Fresno de Cantespino, Ayllón, entre otros).

- Incisiones lineales

Se identifican como tal encajamientos fluviales con perfiles transversales en 'uve', pero que no llegan a adquirir el desarrollo de una garganta. Se trata en definitiva de regueros bien definidos en la cuenca sedimentaria, y encajamientos incipientes en el dominio del macizo cristalino.

- Saltos de agua (cascadas)

Variaciones bruscas en el perfil longitudinal de los cursos torrenciales. Forman los denominados 'chorros', que llegan a dar nombre a los arroyos sobre los que se desarrollan: del Chorro, Chorro Grande, Chorro Chico, de la Peña del Chorro. Su origen se asocia, bien a accidentes tectónicos o litológicos (Chorro Grande y Chorro Chico), bien a capturas fluviales (Peña del Chorro).

- Marmitas de gigante (potholes)

Microformas generadas por abrasión en movimientos turbillonares a favor de discontinuidades litológicas o estructurales. Tienen su mejor desarrollo en el lecho del río Cambrones, a lo largo de un encajamiento condicionado por una fractura, y dan lugar al paraje conocido como Las Calderas, si bien aparecen de forma esporádica en casi todas las gargantas (Eresma en la Boca del Asno, La Chorrancia en Navalhorno, Sordillo en Santiuste de Pedraza, etc.).

- Conos o abanicos rocosos

Fisonomías similares a los abanicos aluviales, pero en realidad formados a expensas del sustrato; son, por tanto, una morfología esencialmente erosiva, aun cuando localmente puedan presentar recubrimientos aluviales. Su origen está asociado a la degradación casi completa de antiguos conos de deyección aluviales.

Se sitúan en la transición entre las laderas de la sierra y el piedemonte, enmascarando el contacto entre ambas unidades. Son frecuentes en todo el área estudiado, excepto al pie de litologías pizarrosas y cuarcíticas, en donde son sustituidos por los abanicos de piedemonte de la raña. Este hecho nos lleva a pensar que pudiera tratarse de los abanicos asociados a los mismos episodios genéticos que aquélla, y por tanto de edad plio-pleistocena, que posteriormente fueron erosionados. Sin poder precisar nada más sobre su cronología, sí

parecen claramente anteriores a la etapa würmiense, en la que se habrían formado los conos de deyección más modernos, visibles en toda la región.

- Vertientes-glacis

Se definen así a partir del trabajo de López Vera y Pedraza (1976) en la cuenca del río Jarama. Fernández García (1988a), para un sector próximo, restringe esta denominación a las morfologías más próximas a los cauces actuales, definiendo para las superficies de tipo glacis más altas, desarrolladas en la cuenca terciaria, otras unidades: superficie culminante, superficie de sustitución, y sistema de glacis-llanura. Aquí se aplica el término al conjunto, por entender que su génesis es similar, si bien, en un trabajo específicamente genético-evolutivo, su diferenciación es adecuada, pues definen distintos estadios en el encajamiento de la red fluvial.

- Terrazas erosivas

Restos de superficies horizontales, de naturaleza erosiva, originadas como consecuencia del ensanchamiento lateral de los cauces principales en su proceso de encajamiento, que una vez producido, dejaría colgados retazos de esas paleollanuras o paleocauces.

- Escarpes de terraza

Escarpes de origen fluvial, asociados al encajamiento de los cauces sobre sus propios sistemas de terrazas; definen laderas con pendientes muy diferentes, pero en general escarpadas. Con frecuencia aparecen coluvionadas, si bien a una escala que imposibilita su representación en el mapa geomorfológico.

1.2.6.2. Formaciones superficiales

Dado el carácter fundamentalmente erosivo de todo el sistema fluvial para esta región durante el periodo Cuaternario, únicamente aparecen mejor definidas las formaciones superficiales de edad holocena, si bien coexisten con otras asociadas a los periodos fríos pleistocenos (conos de deyección de la Sierra).

- Fondo de valle aluvial

Abarcan los lechos mayores de los cauces actuales (terrazza actual, llanura inundable, llanura de inundación), en los cuales se encajan los canales o lechos menores de uno a dos metros. Conforman un depósito de diferente espesor, desarrollado las más de las veces directamente sobre el sustrato. Su origen se debe casi exclusivamente a la dinámica fluvial, razón por la que se han diferenciado de los fondos mixtos aluvial-coluvial.

La formación sedimentaria está caracterizada por un depósito típico de origen fluvial: cuerpos lenticulares en sección de gravas y arenas, procedentes de rellenos de canal, con estructuras

internas de migración de barras y *point bar*, y bancos limo-arcillosos, derivados de episodios de inundación. Son comunes los canales abandonados y las cortas de meandro, así como diferentes tipologías de barras fluviales. Sobre esta superficie se apoyan glaciares, conos de deyección y coluviones. Se consideran de edad holocena.

- *Glaciares-terrazas*

Son la tipología de terraza más común. Presentan una marcada asimetría, con un amplio desarrollo en las márgenes situadas al oeste y suroeste del canal actual, y práctica inexistencia en la orilla nororiental. Así sucede en los ríos Aguiñejo, Rianza, Serrano y Duratón ya en el dominio de la subcuenca terciaria, donde dominan las formas amplias y escalonadas en las márgenes izquierdas, y las vertientes escarpadas y disectadas, con retroceso actual, en las derechas. Este hecho ha sido puesto de manifiesto para los ríos Moros y Eresma por Fernández García (1988a), y por Tanarro (1995) para los ríos San Juan y Castilla.

Su desarrollo indica una migración constante de los cursos fluviales principales hacia el este desde el Pleistoceno inferior, época en la que comenzó su encajamiento a partir de la superficie culminante desarrollada en el dominio de la cuenca; todo parece indicar que este proceso continúa en la actualidad, lo que condiciona importantes procesos erosivos de origen natural en las márgenes derechas, con abundantes acarcavamientos.

Litológicamente están formadas por cantos y bloques envueltos en una matriz arenosa, con facies limo-arcillosas en los tramos superiores. Aunque no se caracterizan por la buena representación de estructuras sedimentarias, en general pueden distinguirse secuencias de relleno y abandono de canal y localmente algunas correspondientes a migraciones laterales de los mismos.

- *Terrazas fluviales*

Escasas —prácticamente inexistentes— en el dominio del macizo cristalino, sólo comienzan a formarse cuando los ríos principales se abren en la subcuenca terciaria Valverde-Ayllón. Como en su mayor parte, los sistemas de terrazas corresponden aquí a la tipología de 'glaciares-terrazas', las terrazas fluviales (*s.s*) quedan restringidas a los niveles más bajos, o bien en cañones fluvio-cársticos (Las Vegas), inmediatamente por encima de la llanura actual, donde tienen un carácter solapado y encajado.

- *Fondo aluvial en torrenteras*

Depósitos de origen torrencial, situados en el fondo de los principales encajamientos tipo 'garganta'. En planta, presentan un trazado irregular, con numerosas discontinuidades, ya que se adaptan a las condiciones del fondo del valle.

Son frecuentes allí donde la red fluvial ha conseguido penetrar de modo importante en el

dominio montañoso (Navafría y Valsáin). En el primer caso, aparecen en las gargantas de las Pozas, Peña Negra, Los Tejos y Cega; en los cursos torrenciales de la red fluvial que drena el sector comprendido entre los puertos de Navacerrada y Malagosto, los más significativos corresponden a los cursos del Puerto del Paular, Seco, Chorranca, Carneros, Chorro Grande, Chorro Chico, Siete Arroyos y Cambrones. Por su posición y relación con los restantes elementos, se consideran de edad holocena.

- Fondo de valle aluvial-coluvial

Formación superficial desarrollada en depresiones semiendorreicas, rellenas por un depósito de origen mixto: 'aluvial' procedente los canales que las drenan, y 'coluvial' debido a la arroyada de las vertientes. Se diferencian de lo que definimos como 'navas' en que los fondos aluvial-coluvial se aproximan más a fondos aluviales, lo que les confiere una menor influencia de los procesos de encharcamiento, hidromorfismo y acumulación de materia orgánica. Se desarrollan en cualquier dominio de la red y sobre cualquier sustrato, pero siempre en relación con tramos donde existe un menor encajamiento o disminución de la pendiente (arroyos de la Valdileja y la Tejera, en la Sierra de Ayllón), y en la posición de numerosos surcos subsecuentes (Mataendrino, Orejanilla). También son abundantes en la subcuenca terciaria. Son de edad holocena.

- Navas

Aparecen dos tipologías: las desarrolladas en el piedemonte, y las formadas a expensas de los relieves de las campiñas.

Las primeras están representadas a lo largo de todo el piedemonte de los Montes Carpetanos, siendo más escasas en Somosierra-Ayllón. Se trata de zonas deprimidas respecto a los relieves circundantes y de fondo plano, con un funcionamiento, por lo general, semiendorreico. Se ubican, bien en fondos de pequeñas depresiones tectónicas y surcos subsecuentes exhumados, bien se originan en zonas de alteración preferentes del sustrato del piedemonte, normalmente a favor de fracturas. Se diferencian de las navas de altura fundamentalmente por la asociación de las segundas con los procesos periglaciares. De hecho llegan a configurar suelos diferentes: histosoles las navas de altura —que en ocasiones forman turberas—, y cambisoles gleicos las de piedemonte.

Las navas del dominio de las campiñas tienen también un carácter semiendorreico. Equivalen a las 'zonas de encharcamiento' y 'depresiones tipo nava' definidas por Fernández García (1988a) en zonas occidentales muy próximas.

- Conos de deyección

Se originan como consecuencia de la descarga de materiales procedentes de cursos de régimen torrencial, allí donde tiene lugar una brusca disminución de la pendiente, lo que provoca la

sedimentación del material transportado. Se pueden diferenciar dos tipos: los conos y abanicos aluviales de piedemonte, y los desarrollados en el dominio de la cuenca sedimentaria.

Los primeros son frecuentes a lo largo de toda la Sierra, en el contacto entre las laderas y el piedemonte; tienen su mejor desarrollo allí donde la red ha conseguido penetrar en el *horst* principal de los Montes Carpetanos (Navafría, San Ildefonso), y en relación con la mejor definición de los canchales y coluviones periglaciares de las cabeceras torrenciales. Así, las masas heterométricas que los componen, parecen tener su origen en relación con procesos de solifluxión en las laderas de la Sierra, los cuales transportan esos materiales hacia los fondos de torrenteras, a partir de donde dan origen a los conos. Sanz Santos *et al.* (1991) y Pedraza *et al.* (1991), distinguen entre conos de deyección antiguos o de primera generación, con facies gruesas y finas y degradados por la red actual; y conos de deyección modernos o de segunda generación, de edad más probable würmiense.

Los conos holocenos de la cuenca sedimentaria se originan allí donde los tributarios de cierta entidad convergen con un curso principal, depositando los materiales que arrastran.

- Abanicos de piedemonte (rañas)

Grandes abanicos aluviales, que actualmente tienen una morfología lobulada y digitada, debido a la disección que sobre los mismos ha ejercido la red fluvial. Generados en regímenes hídricos de alta energía (torrenciales), probablemente bajo clima árido (Ibáñez *et al.*, 1986), su ápice llega a enlazar con los canchales y coluviones periglaciares de la Sierra de Ayllón.

Su origen corresponde, como mínimo, a un periodo de rexistasia entre dos de biostasia. El primero, previo a su formación, sería el responsable de una intensa alteración con formación de alterita; el siguiente, originaría una fuerte alteración en los suelos de la propia raña. Su edad ha sido asignada como Plioceno-Pleistoceno Inferior (Molina y Armenteros, 1986).

- Depósitos de arroyada en manto

Desarrollados de forma más común al pie de los frentes de cuesta, en su enlace con fondos de valle aluviales, aluviales-coluviales y navas. Son muy comunes en los corredores formados por las depresiones tipo graben del piedemonte de Pedraza, especialmente en los sectores Gallegos-Prádena, Torre Val de San Pedro-Valleruela de Sepúlveda, y Caballar-Arevalillo de Cega.

I.2.7. Morfologías cársticas

Han sido estudiadas de forma específica para este sector por Moreno Sanz (1989), quien ha destacado la escasa importancia de las formas exocársticas con respecto a las endocársticas. Estas últimas, aparecen tratadas normalmente de forma indirecta, debido a su interés tanto arqueológico como espeleológico. Trabajos de esa índole son, por ejemplo, la descripción de

cavidades de la región de Prádena realizada por la Sección de Espeleología de Ingenieros Industriales (SEII, 1981), o el *Avance al Catálogo de Cavidades de la Provincia de Segovia* (Fernández Tabera, 1979). Las galerías y cavernas son relativamente abundantes en el entorno de las localidades de Pedraza (de la A, de Antonio López, de la Argolla, de la Cárcel, de los Derrumbes, de la Griega, del Huerto), Prádena (El Jaspe, Carrasca, Los Enebralejos, La Dehesilla, Las Grajas), y Torreiglesias-Losana (La Vaquera, Sima de la Torca, río Viejo). Los espeleotemas mejor desarrollados aparecen en Los Enebralejos, con distintas tipologías de estalactitas, estalagmitas, incluso columnas; existen además rellenos de conductos en El Jaspe (Moreno Sanz y Sanz Donaire, 1983).

Las formas exocársticas tampoco son excesivamente comunes. Sin embargo, por su participación en la configuración del terreno, son descritas con más detalle que las anteriores. La 'efectividad morfológica' de los fenómenos cársticos se produce en tanto ejercen su influencia en el relieve asociados a otros procesos, como los fluviales, definiendo formas fluvio-cársticas como 'valles ciegos', 'valles secos' y 'cañones'.

1.2.7.1. Formas resultantes de la disolución de las rocas

Aparecen sobre todo en el bloque mesozoico de Prádena-Casla, al ser éste el más próximo a la Sierra y haber estado sujeto por tanto a la acción de los cursos descendentes de la misma. Todo ello habría estado favorecido por la tectonización de los materiales en su contacto con el zócalo cristalino, a favor del cabalgamiento Gallegos-Siguero.

- Dolinas

De pequeñas dimensiones, y morfología en embudo, son genéticamente asociables al tipo de hundimiento (subsidiencias o colapsos). Localmente denominadas 'torcas' o 'hundas', son comunes en el entorno de Prádena y Arcones, en las proximidades de la ermita de Las Vegas (paraje Las Torcas), al NO de Casla y el valle del río Viejo cerca de Torreiglesias.

- Dolinas aluviales (carst cubierto)

Forman pequeñas depresiones, también en forma de embudo, reflejas en hundimientos de los depósitos de conos de deyección del pie de la Sierra. Se sitúan en dos sectores principales, formando dos pequeños —pero singulares— 'campos de dolinas': La Dehesa (Arcones), estudiado por Galve y Moreno Sanz (1991); y en el arroyo de los Pollares, en Prádena.

Otro caso singular de dolinas aluviales es el sistema cárstico cubierto por materiales detríticos neógenos localizado en las campiñas de Ayllón cerca de las localidades de Francos y Valvieja, donde han aparecido recientemente hundimientos cilíndricos de hasta 13 m de profundidad y 5 m de diámetro. A su desarrollo contribuye igualmente la naturaleza carbonática de los clastos que forman los detríticos cenozoicos que cubren las dolomías mesozoicas.

- Dolinas capturadas (valles secos)

Se trata de sistemas de dolinas alineadas, incluso uvalas, capturadas por la red fluvial, conformando pequeños cañones, valles ciegos, y valles secos, de paredes verticalizadas pero con fisonomías en planta irregular. Los casos más significativos aparecen al NO de Casla, y al E de Valleruela de Sepúlveda.

- Lapiaz

Las pequeñas acanaladuras de corrosión cárstica no son frecuentes, y cuando aparecen se encuentran muy modificadas por la acción antrópica del arado (Moreno Sanz, 1989); las tipologías más comunes son el lapiaz en surcos (*rillenkarrén*), y el cavernoso o en "nidos de abeja" (ver Tanarro, 1995). Se encuentran bien definidos en las proximidades de la ermita de la Virgen de la Lastra, y en Castillejo, ambos en el término municipal de Arcones.

- Sumideros

Conductos verticales que suponen la conexión de aguas superficiales con la red subterránea. Existe un magnífico ejemplo en el arroyo de los Pollares, en Prádena, que se sume en la cueva de El Jaspe; otro sumidero más difuso es el propio canal del río Cega en Las Vegas.

- Pavimentos

Adquieren un desarrollo muy localizado en tanto se encuentran muy degradadas; por esta razón, no aparecen representados cartográficamente. Se originan allí donde la superficie de erosión del piedemonte sobre materiales carbonáticos coincide con los planos de estratificación en las dolomías; aparecen además ligeramente 'pulidas' por corrosión.

1.2.7.2. Formaciones superficiales de acumulación de residuos insolubles

Son poco frecuentes, y aparecen en su variedad más común de *terra rossa*.

- Depósitos de decalcificación (*terra rossa*)

Residuo insoluble de un proceso de disolución cárstica. Formado fundamentalmente por materiales de textura limoarcillosa, y naturaleza de óxidos e hidróxidos de hierro, e illitas-caolinitas. Por lo general, rellenan depresiones alargadas de fondo plano, de origen fluvicárstico. Precisamente por estar removilizadas posteriormente por procesos fluviales, presentan características más típicas de depósitos de naturaleza aluvial-coluvial.








Molina y Armenteros (1986) estudian estos depósitos en el sector suroriental de la cuenca del Duero, y asocian su origen al proceso de formación de la superficie de piedemonte pliocena.

LEYENDA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO


I. MORFOLOGÍAS ASOCIADAS A LAS SUPERFICIES DE EROSIÓN

1. Poligénico

1.1. Formas de denudación



-  Superficie de erosión tipo penillanura formando cumbres, parameras y hombreras
-  Superficie de erosión de piedemonte sobre el macizo cristalino
-  Superficie de erosión de piedemonte sobre la cobertera mesozoica (mesas y plataformas)
-  Superficie de erosión tipo penillanura (preceomanense) exhumada
-  Superficie de erosión tipo penillanura (preceomanense) en proceso de exhumación
-  Relieves residuales tipo *monadnock*
-  Relieves residuales de culminación plana

1.2 Formaciones superficiales








-  Alteritas

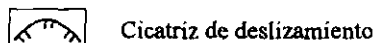
II. MORFOLOGÍAS ESTRUCTURALES

1. Asociadas a la estructura tectónica (tectoestructurales)

-  Laderas de origen tectónico
-  Escarpe tectónico (falla) con expresión morfológica

2. Asociadas a la disposición de los materiales (litoestructurales)

-  Escarpe estructural en series monoclinales (frente de cuesta)
-  Dorso de cuesta
-  Escarpe estructural en series horizontales y subhorizontales
-  *Hog-back*
-  Cresta o barra
-  Relieve residual lineal
-  Superficie estructural

III MORFOLOGÍAS ASOCIADAS A PROCESOS MORFOGENÉTICOS RECIENTES Y ACTUALES**3. De origen gravitacional****3.1. Formas del modelado**

Cicatriz de deslizamiento

3.2. Formaciones superficiales

Lengua de deslizamiento



Coluvión

4. De origen periglacial**4.1. Formas del modelado**

Circo-nicho de nivación



Circo solifluidal



Regueros de arroyada nival



Escarpes y perfiles de gelifracción

4.2. Formaciones superficiales

Derrubios de vertiente (canchales o pedreras)



Derrubios empastados (coluviones periglaciares)



Morrenas de nevero



Derrubios estructurados (morrenas de glaciar rocoso)



Lenguas y coladas de avalancha nival



Navas de altura



Lenguas y lóbulos de soligelifluxión



Suelos estructurados

5. De origen glaciar**5.1. Formas de erosión**

Circos glaciares



Rocas pulidas

5.2. Formaciones superficiales

Depósitos de till (morrenas)

6. De origen fluvial**6.1. Formas de erosión**Regueros (*gullies*)Cárcavas (*badlands*)

Cañones y valles de fondo plano



Incisión lineal



Saltos de agua (cascadas)



Conos o abanicos rocosos



Barrancos, vaguadas y vagonadas



Vertientes glaciares



Terraza erosiva



Gargantas

6.2. Formaciones superficiales

Fondo de valle aluvial (terrazza actual)



Terrazas fluviales



Glacis-terrazza



Fondo aluvial en torrenteras



Fondo de valle aluvial-coluvial



Navas



Conos de deyección



Abanicos de piedemonte (raña)

Depósitos de arroyada en manto (*sheet flood*)**7. De origen cárstico****7.1. Formas resultantes de la disolución de las rocas**

Dolinas



Dolinas aluviales (carst cubierto)



Dolinas capturadas (valles secos)

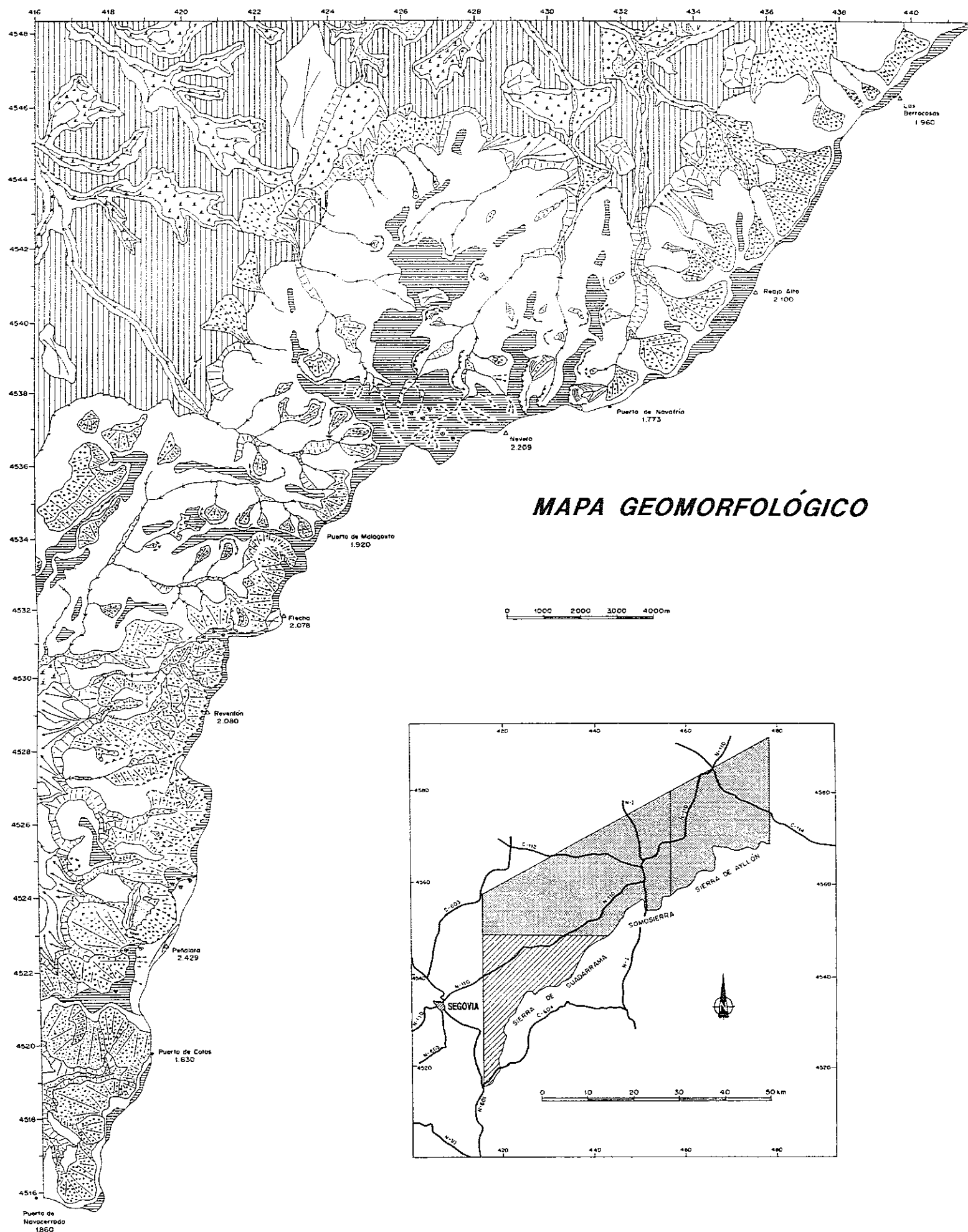


Lapiaz

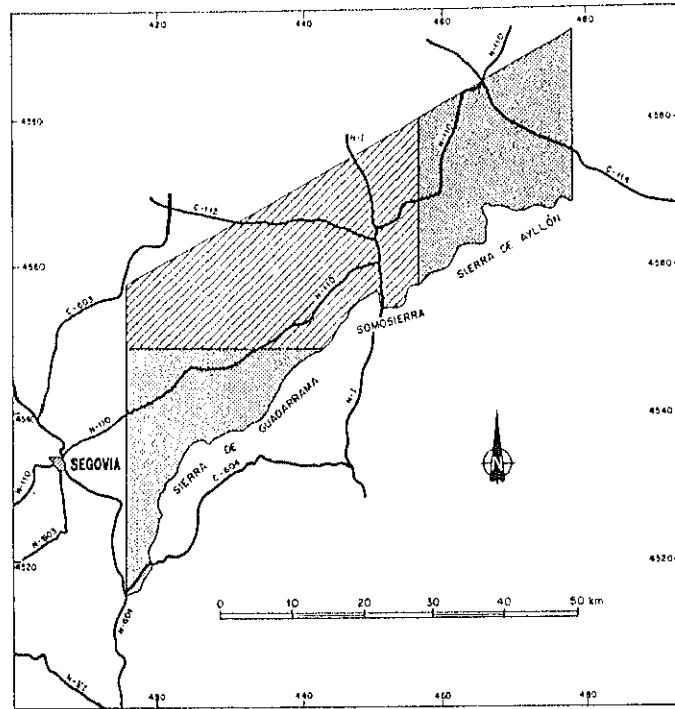


Sumidero

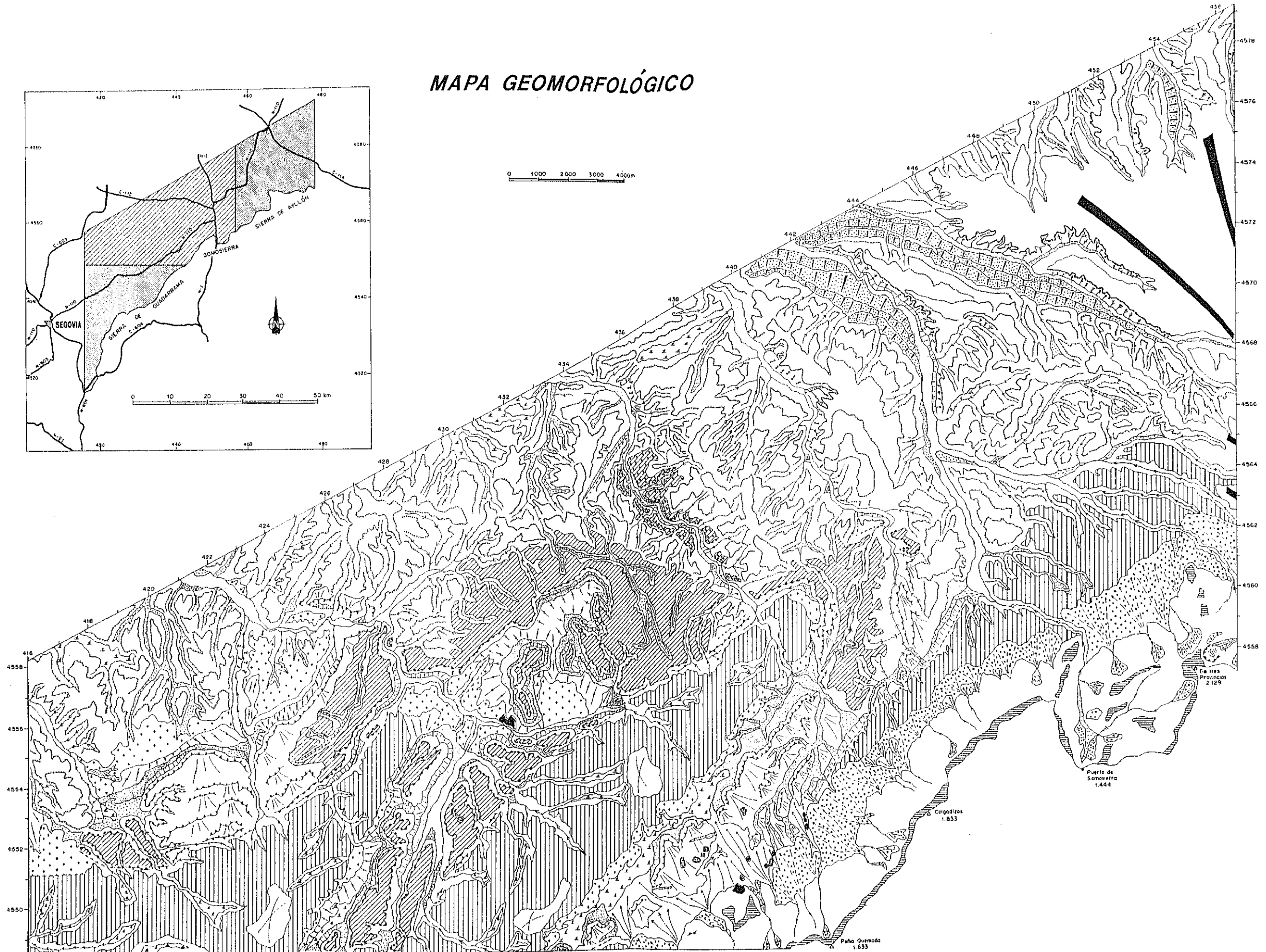
7.2. Formas de acumulación de residuos insolublesDepósitos de decalcificación (*terra rossa*)



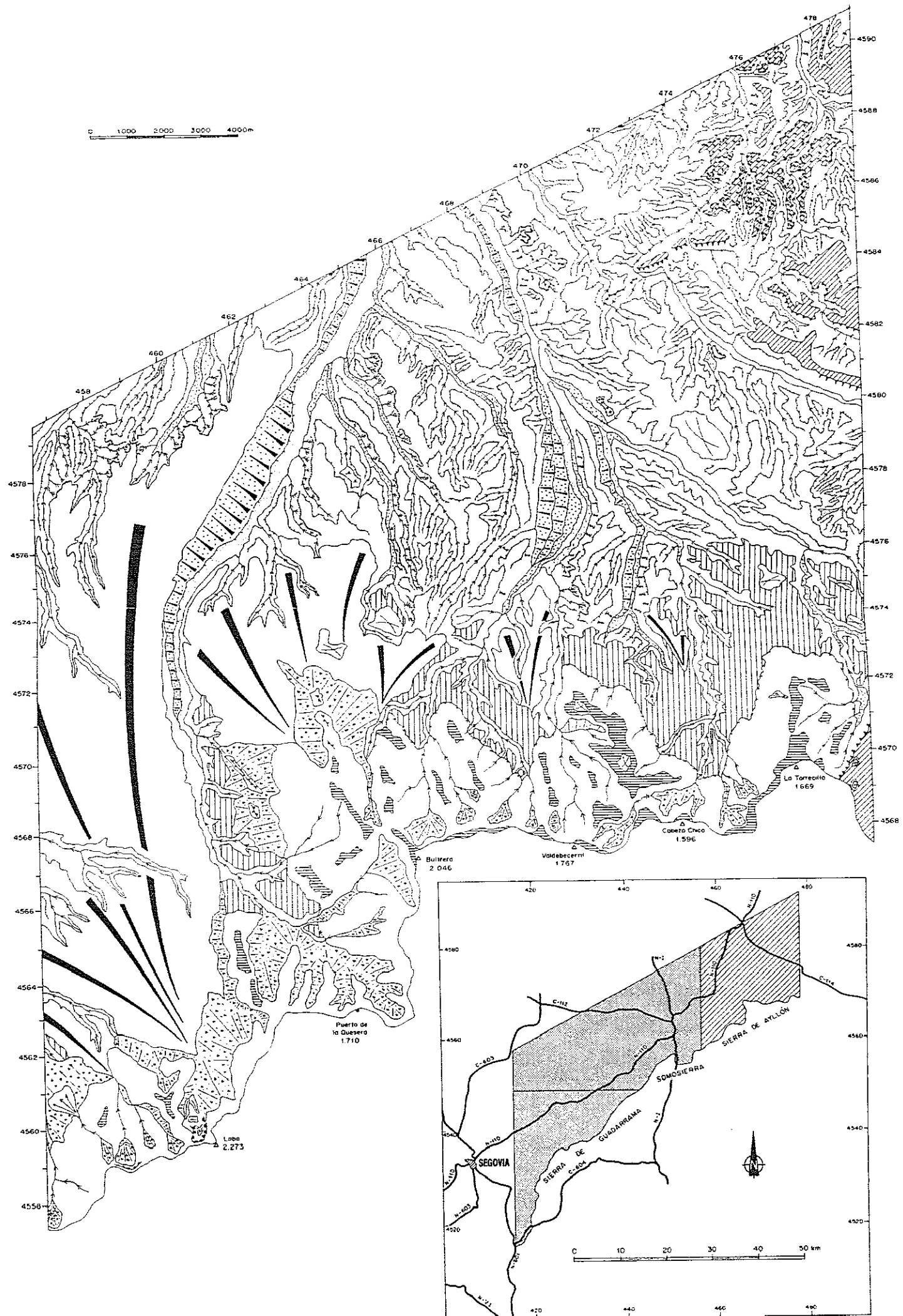
MAPA GEOMORFOLÓGICO



0 1000 2000 3000 4000m



MAPA GEOMORFOLÓGICO



I.3. SÍNTESIS

El objetivo último de este anexo ha sido completar la caracterización geomorfológica del territorio seleccionado, como paso previo a su utilización con fines aplicados. Como síntesis, se pueden extraer unas conclusiones sobre la evolución geomorfológica cuaternaria. Por otro lado, aunque indirectamente, el estudio ha permitido profundizar en determinadas cuestiones genético-evolutivas, pero que, por su carácter de aportación, merecen destacarse.

I.3.1. Evolución geomorfológica cuaternaria

Las morfoestructuras del Sistema Central en este sector, resultado de una evolución geomorfológica a escala geológica, siguen siendo dominantes en el paisaje actual (superficies de erosión), y sólo de forma escasa han sido modeladas por los procesos morfogenéticos cuaternarios, asociados a dos sistemas fundamentales: fluvial y periglaciario.

- *Procesos fluviales y asociados*

Los procesos fluviales, y en general los relacionados con las redes de drenaje, en cualquiera de sus modalidades dinámicas, han sido los más efectivos desde un punto de vista morfogenético; su influencia se ha ejercido tanto en las laderas como en el piedemonte.

En el primer caso, la acción fluvial no ha llegado a producir una disección similar a la ocurrida en las vertientes meridionales —probablemente como respuesta a la existencia de un nivel de base más elevado en el Duero que en el Tajo—, salvo en Somosierra, Navafría, Navacerrada y la Quesera, donde importantes accidentes tectónicos han permitido una progresión de la red en los dominios de la Sierra.

En el piedemonte, el encajamiento fluvial ha sido continuo, al menos, desde el Pleistoceno Inferior, a partir de una superficie de piedemonte que biselaba por igual restos del macizo cristalino, de los materiales mesozoicos, y de los materiales terciarios de relleno de la cuenca, los cuales cubrían parte de los anteriores, enlazando con el nivel de culminación de la raña y los páramos. Muchos de los valles actuales tienen pues carácter antecedente o epigenético.

La efectividad morfogenética de los procesos fluviales se vio favorecida por la actuación conjunta de procesos gravitacionales, los cuales contribuyeron en gran medida a definir el modelado de los diferentes tipos de valles: gargantas, cañones, vaguadas, etc.

También los fenómenos cársticos han contribuido al modelado de ciertos sectores del conjunto descrito, si bien únicamente en tanto han ejercido su influencia en asociación con otros procesos, sobre todo fluviales, favoreciendo la incisión y dando origen a un amplio conjunto de cañones fluvio-cársticos y 'valles secos'.

- *Procesos periglaciares*

Los procesos ligados a la morfogénesis en ambientes fríos (periglaciares) pueden considerarse relativamente efectivos en el ámbito de la Sierra, y son responsables del remodelado de morfologías previas, habiendo contribuido a la formación de vertientes regularizadas, valles asimétricos y valles de fondo plano, así como al origen de elementos específicamente periglaciares, como canchales o escarpes de gelifracción. A su vez, su participación en la génesis de formaciones superficiales coluvionares de la Sierra ha sido notoria.

La discusión a este respecto se centra en el verdadero significado de los procesos periglaciares. Así, utilizado con categoría de ambiente o piso montañoso, es decir, tal cual se entiende a nivel global, con la presencia de *permafrost* —que en este caso tendría que ser alpino—, es más que probable que hubiera 'suelos helados' con carácter permanente en las zonas elevadas de estas sierras durante el Pleistoceno Superior (Gallardo *et al.*, 1987, 1988), si bien su correspondencia con un verdadero *permafrost* no ha sido probada. Es posible entonces referir el hecho periglaciario a un significado morfogenético de procesos originados por ciclos hielo-deshielo y coberteras nivales, con categoría de ambientes periglaciares (ver Pedraza *et al.*, 1996a).

Uno de los criterios más utilizados para delimitar la acción periglaciaria pleistocena en estas sierras ha sido la gelifluxión-solifluxión (Fränzle, 1959; Brosche, 1978, 1982). Basándose en ese proceso, Fränzle (*op. cit.*) consideró que durante el periodo würmiense podría haber llegado hasta los 1.000-1.100 m, con el límite de las nieves perpetuas (piso nival) próximo a los 1.950-2.000 m. Brosche (1978) en cambio, situó ese límite inferior en 400-500 m para el ámbito de Peña de Francia-Gata y Gredos, y en torno a 700 m para la submeseta norte, lo que explicaría su incidencia en el piedemonte.

En efecto, varios trabajos (Moreno Sanz, 1989; Tanarro, 1995) han puesto de manifiesto la efectividad de los procesos ligados a ambientes fríos en los relieves estructurales del piedemonte, a tenor de la tendencia regularizada en la morfología de múltiples vertientes de cañones y hoces, en las cuales, la presencia de una cubierta de derrubios carbonáticos con tendencia a la ordenación interna, similares a *grezés liteés*, cubren en amplias extensiones las laderas a modo de coluvión. En el transcurso de este trabajo, han sido reconocidas lenguas de solifluxión en este ámbito, como las existentes en el valle del arroyo de Santa Águeda, en las proximidades de la localidad de Arahuetes.

El glaciario, por contra, puede considerarse casi anecdótico desde un punto de vista de su influencia en la configuración actual del relieve. La mayor parte de esas morfologías periglaciares y glaciares han sido atribuidas al máximo würmiense (20.000 a 10.000 BP), si bien parece muy probable que las tradicionales fases frías pleistocenas reconocidas para Europa Central también hubiesen tenido su influencia aquí (Sanz Herraiz, 1988; Pedraza, 1994c).

En definitiva, a la vista de las cronologías asignadas en la literatura a las formaciones superficiales del entorno estudiado, podemos considerar que el periodo que se ha venido correlacionando con la fase würmiense alpina habría sido el de máxima actividad morfogenética, teniendo un carácter eminentemente erosivo (rexistásico). Pero éste tampoco debe haber sido el único a lo largo del cuaternario, periodo que en síntesis se ha caracterizado por una importante actividad erosiva (vaciamiento) de toda la región. Así, según recoge la literatura y se confirma en nuestro estudio, las morfologías del modelado sobre las morfoestructuras tienen su origen en el periodo Pleistoceno, dentro del cual existieron fases frías de máxima actividad morfogenética; gran parte de las morfologías tienen por tanto un carácter 'heredado'.

1.3.2. Aportaciones del estudio morfogenético

A pesar de no ser el objetivo fundamental de nuestro trabajo, del estudio geomorfológico teórico se han podido extraer una serie de conclusiones relativas a la génesis y evolución del relieve; dichas conclusiones se centran en torno a aspectos no suficientemente explicados hasta el momento para este sector, razón por la cual pueden considerarse aportaciones directas derivadas de este trabajo de investigación.

- Las superficies de erosión

Del estudio realizado es posible obtener una serie de conclusiones, las cuales permiten profundizar en la interpretación genética de las superficies de erosión, aspecto que, como vimos al analizar la problemática geomorfológica, es del máximo interés.

Existen claras evidencias de que la superficie precretácica (precenomanense) forma parte de amplios sectores de la rampa oriental de esta vertiente norte de Guadarrama, por exhumación de la cobertera cretácica (Orejanilla, Tejadilla, La Mata, Arahetes, Cañicosa, Colladillo, Mataendrino, Pradenilla, Ceguilla, Galindez, Torreval de San Pedro). También sucede esto hacia el oeste, en general en el entorno de los surcos subsecuentes (Espirido, Hontoria).

A este respecto, es posible establecer una relación directa entre la paleogeografía mesozoica y la evolución posterior del relieve, en el sentido de que las superficies exhumadas son más abundantes en la región de Prádena-Pedraza, donde existió un mayor espesor de sedimentos cretácicos como consecuencia de la existencia de escalones paleogeográficos durante el Mesozoico (ver Alonso, 1981). De este modo, cuando se produce la 'inversión del relieve', como consecuencia de los movimientos alpinos, esta zona presenta mucho mayor espesor de cobertera mesozoica para ser desmantelado, lo que explicaría una mayor abundancia actual de estos materiales en la zona, e incluso que las superficies de erosión se desarrollasen en gran parte sobre estos materiales de la cobertera mesozoica, que por exhumación posterior habrían

permitido aflorar en amplios sectores la superficie precenomanense. Lo contrario sucedería hacia el oeste; por ejemplo, en Ituero y Lama, el espesor es insignificante, y habría sido desmantelado con relativa facilidad; y en Gredos inexistente, por lo que la reelaboración habría sido directamente sobre el macizo.

La existencia de diferentes niveles de base para las submesetas Norte y Sur, también habría condicionado la diferente evolución (erosión) en ambas vertientes del Sistema Central, menos marcada en la septentrional.

La superficie precenomanense exhumada, puede definirse como un aplanamiento general 'ondulado', que se conserva bien en las proximidades de los afloramientos cretácicos; en zonas más alejadas, pudiera estar remodelada por otro tipo de procesos que la simple exhumación, incluso haber enrasado con las superficies del piedemonte; restos de esas superficies serían la culminación de los relieves tipo *monadnock* (cabezos), y relieves de culminación plana, existentes en estas zonas (Peña Redonda, Pico de la Dehesa).

Otra conclusión que podemos destacar es el hecho de que la formación de relieves residuales tipo *inselberg* sobre el macizo cristalino en una superficie grabada, durante finales del Cretácico y buena parte del terciario, es poco probable en este sector, en tanto habría estado impedida en la práctica totalidad del Guadarrama septentrional en buen grado por la existencia de la cobertera mesozoica, no desmantelada para esas épocas. Ello explicaría la escasez de estos relieves en toda la región.

Como síntesis de esta discusión, podemos señalar que es muy probable que cada sector del Sistema Central tenga su propia 'historia evolutiva', condicionada por toda una serie de factores entre los cuales los paleogeográficos deben haber jugado un papel importante. En el caso que nos ocupa, el factor determinante es la existencia de una amplia y espesa cobertera sedimentaria mesozoica cubriendo gran parte del macizo hasta épocas recientes.

La discusión actual en torno al origen de estas superficies, tiende a otorgar mayor importancia a una única superficie (la poligénica heterócrona, o mesozoica), que habría sido remodelada después según diferentes condiciones morfogenéticas, y que en realidad es donde estriban las mayores diferencias en la interpretación de los diferentes modelos evolutivos.

- Nuevas morfologías de origen glaciar y periglaciar

En el transcurso de este trabajo se ha realizado la primera descripción de dos nuevos focos glaciares en la Sierra de Guadarrama: los complejos glaciares pleistocenos del Arroyo de las Pozas y del Chorro. La singularidad de estos hallazgos se debe al hecho de que se sitúen en la vertiente septentrional de los Montes Carpetanos (Sierra de Guadarrama), donde hasta ahora sólo habían sido descritos otros dos: el de Peñalara-Eresma (Sanz Herraiz, 1977), y el de Romalo Pelao (Centeno *et al.*, 1983), que a pesar de situarse en el contexto de la vertiente

septentrional de Guadarrama, tiene una orientación local SE. Son más convergentes, por tanto, con los glaciares de Las Cerradillas o Barandillo —aunque con menor extensión—, en la vertiente septentrional de Cuerda Larga, y mucho más aún con el de Tres Provincias, de orientación NE. La aportación en este sentido, no se deriva tanto de la singularidad del hallazgo, sino por el hecho de que muy recientemente (Pedraza y Centeno, 1987; Martín Duque, 1992) se estén describiendo nuevos focos glaciares en un espacio tan estudiado como es la Sierra de Guadarrama.

Por otro lado, el estudio sobre fenómenos periglaciares ha permitido profundizar en la génesis de morfologías de tipo ‘circo solifluidal’.

- El complejo del Arroyo de las Pozas

Citado hasta ahora como nevero por Sanz Herraiz (1977, 1988) y Centeno (1982) su atribución a un origen claramente glaciar por el reconocimiento de unos depósitos que denotan flujo de hielo, se debe al trabajo de investigación de esta tesis doctoral.

El conjunto que dio origen a este complejo se situaba en la actual cabecera del Arroyo de las Pozas, muy próximo al Puerto de Navafría, al pie de los relieves de El Alto del Puerto y Regajoniesto, límites orientales de la superficie de Los Pelados. Se trataba de un glaciar de circo tendente a ladera que, partiendo de los 1.960 m, descendía en sentido E-NE hasta los 1.660 m, en las proximidades de la confluencia del arroyo de las Pozas con el arroyo que se origina en el collado del Puerto de Navafría. Dicho glaciar alcanzó un recorrido total de 1.100 m, y un espesor máximo de hielo aproximado de 80 m.

Lo que fue la cuenca de alimentación del glaciar presenta en la actualidad una típica fisonomía de circo. Dentro de éste aparecen varios umbrales y canchales, algunos de ellos envueltos en una matriz de materiales más finos que presentan fenómenos de solifluxión. El resto de la cuenca de alimentación está constituida por afloramientos rocosos pulidos por el hielo.

El sistema morrénico contiene dos complejos laterales relativamente extensos, pero mal definidos, y una estrecha morrena de fondo, muy degradada por la acción torrencial del arroyo de las Pozas. Del complejo de morrenas laterales, las externas se acomodan en gran medida a la morfología de las laderas que las confinan, siendo por ello difícilmente diferenciables. Únicamente la morrena lateral derecha presenta una cresta bien reconocible, la cual dio origen a su reconocimiento como tal. Las morrenas laterales internas quedan también solapadas a la ladera y, en parte, a las morrenas externas, sin crestas diferenciables (ver figura I.1). El desarrollo importante de fenómenos de ladera, modifica y degrada los depósitos de las morrenas, difuminando aún más su morfología. Aunque mayoritariamente se encuentran cubiertos por vegetación, la naturaleza de los *till*, es fácilmente reconocible en el talud abierto sobre la morrena lateral derecha externa por la carretera que desciende del Puerto de Navafría en sentido norte.

- El complejo glaciar del Arroyo del Chorro

Al igual que el anterior, es descrito por primera vez como consecuencia de este trabajo de investigación. También citado hasta ahora como nevero, se sitúa próximo al anterior y con orientación similar, hallándose confinado a la cabecera del arroyo del Chorro, esta vez en el interior de la citada superficie de Los Pelados.

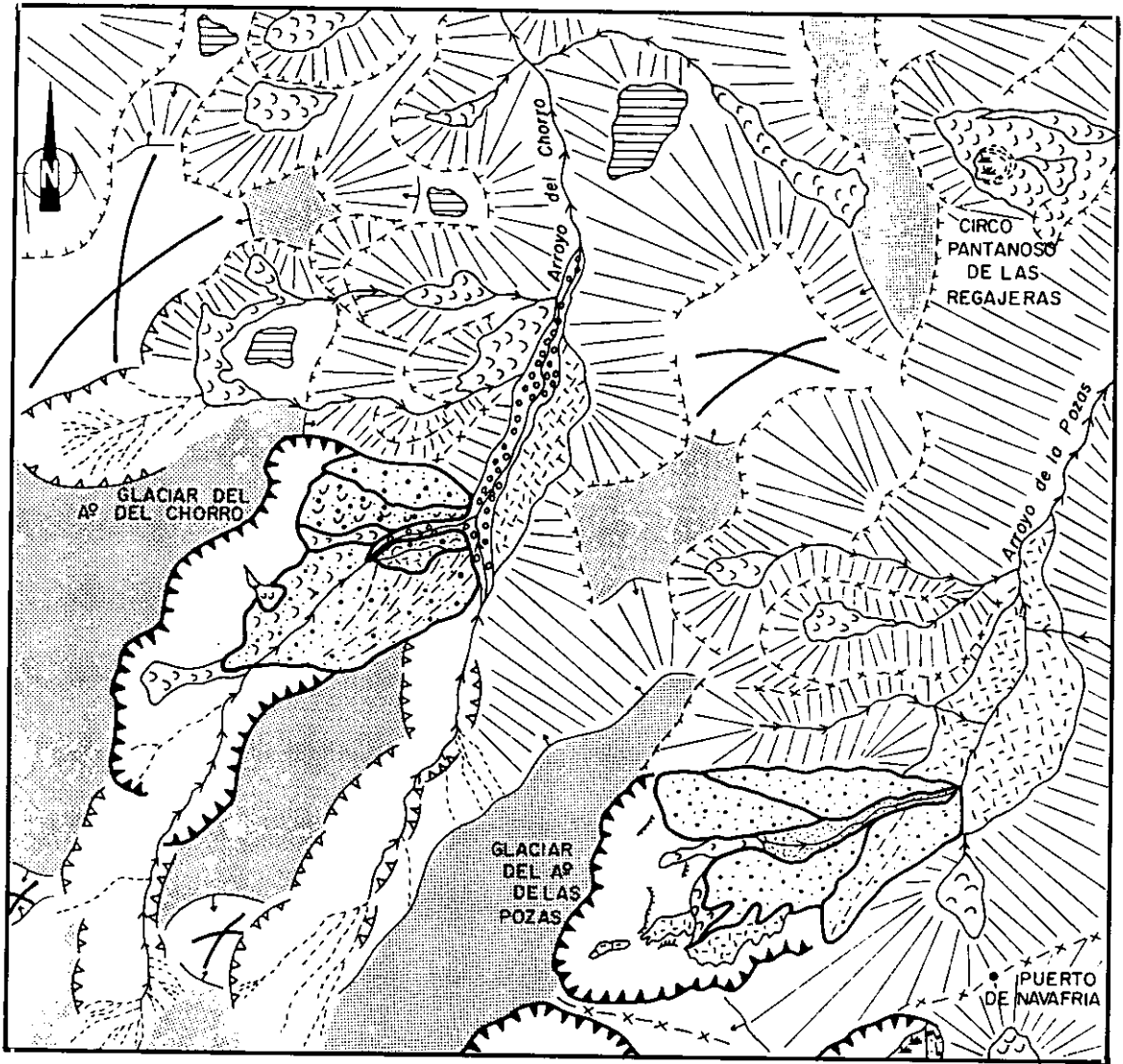
El glaciar que dió origen a este complejo, también de circo tendente a ladera, partía a unos 2.080 m de altitud y descendía hacia el E-NE hasta las proximidades de la confluencia del arroyo del Chorro y del arroyo procedente del Alto del Puerto, a 1.780 m de altitud, habiendo alcanzado un recorrido total de 1.300 m, y un espesor de hielo máximo aproximado de 60 m.

El contorno que limita lo que fue la cuenca de alimentación de este glaciar tiene una forma alargada, con disposición disimétrica e irregular que poco recuerda a una fisonomía de cabecera glaciar de circo. Los escarpes de éste se disponen limitando dos laderas y enlazando con las morrenas, formando un circo 'abierto' en su cabecera (ver figura I.1).

La alimentación del glaciar del Arroyo del Chorro se limitó casi exclusivamente a la ladera occidental. De este modo el hielo fluyó, sobre todo, en sentido Este. Esta ladera posee actualmente recubrimientos de tipo solifluidal, canchales y afloramientos rocosos con el característico pulido del hielo. Del sistema morrénico destaca su disposición oblicua con respecto al circo. La morrena lateral izquierda es apenas perceptible en su parte distal ya que, al igual que ocurría con las del complejo glaciar de las Pozas, se solapa a la ladera sobre la que se apoya. En su parte inicial, esta morrena se encuentra muy degradada y afectada por soliflucción generalizada. La morrena lateral derecha es, por contra, bien reconocible al presentar varias crestas de pulsación. La mayor estructuración de esta morrena puede deberse a la direccionalidad preferente del hielo hacia esta ladera, procedente de la vertiente occidental de la cuenca de alimentación. De nuevo, la naturaleza de los till es visible en el corte efectuado por una pista forestal sobre la morrena lateral derecha.

- *Circos solifluidales*

La identificación y descripción de 'circos solifluidales' para el Sistema Central corresponde a Pedraza y Fernández (1981). A partir de la elaboración del mapa geomorfológico detallado se han localizado varias morfologías de este tipo, en las cuales hemos encontrado a su vez rasgos convergentes con los "circos pantanosos criogénicos" (*bog cirques*), descritos por Dzulynski y Pekala (1980), y cuyo proceso genético principal es la acción combinada hielo-deshielo en el suelo (crioturbación) y la soliflucción. La morfología más típica se sitúa en el entorno del Puerto de Navafría: el circo pantanoso (*bog cirque*) de las Regajeras, fisonomía de circo con un pequeño arco-cordón morrénico en su frente, encerrando una pequeña tolla o turbera; el conjunto se sitúa a su vez sobre un gran deslizamiento (figura I.1).



LEYENDA

- | | | | |
|--|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | Circo glaciar | | Deposito mixto fluvio glaciar |
| | Escarpe (umbral) | | Zona pantanosa. Turbera |
| | Till (morrena lateral) | | Incision fluvial. Arroyo |
| | Till (morrena de fondo) | | Interfluvios |
| | Cresta morrenica | | Cicatriz de deslizamiento |
| | Deposito mixto till-solifluidal | | Laderas con recubrimiento coluvial |
| | Nicho de nivacion | | Sup. tipo penillanura. Cumbres |
| | Regeros de arroyada pluvionival | | Rellanos estructurales. Hombreras |
| | Deposito solifluidal | | Relieve residual. Monadnock |
| | Cordon estructurado solifluidal | | Cambio de pendiente |
| | Deposito mixto gravit.-solifluidal | | |

Figura 1.1. Esquema geomorfológico de los dos complejos glaciares, y de la morfología de circo solifluidal (pantanoso), descritos como consecuencia de este trabajo de investigación (según Martín Duque, 1992).

Dzulynski y Pekala (*op. cit.*), definían los *bog cirques* como depresiones en forma de anfiteatro, carentes de depósitos morrénicos, superficies estriadas e indicios sub o fluvioglaciares, pero cuya morfología era convergente con la de complejos glaciares o neveros. Su génesis la explicaban en base a la existencia de pequeñas zonas de afloramientos o rezumes de aguas subsuperficiales en ámbitos montañosos (formaciones superficiales, fracturas), que daban origen a pequeñas zonas encharcadas, a partir de las cuales se desencadenaban acciones continuadas de hielo-deshielo y remoción de derrubios por solifluxión. Más en detalle, el proceso es el siguiente: allí dónde se origina el rezume o descarga de aguas subterráneas a partir de pequeños manantiales (suelos encharcados), y en condiciones de permafrost, la acción del hielo-deshielo en la capa activa disgrega el sustrato, elevando los bloques resultantes hasta la superficie en un proceso idéntico al que origina los círculos de piedra; una vez en superficie, el material es removilizado por solifluxión, dando lugar a cordones o lenguas solifluídales.

Aún con la diferencia de condiciones respecto a la definición de Dzulynski y Pekala (1980), para la explicación de las morfologías del entorno del puerto de Navafría nos basamos, tanto en la existencia de datos que indicaban la presencia de una tipología de *permafrost* alpino en Guadarrama para el Pleistoceno Superior (Gallardo *et al.*, 1987, 1988), como en la abundancia de sustratos meteorizados en el entorno del gran accidente tectónico de Navafría, favorable a la existencia de manantiales y la remoción de material por solifluxión.

La presencia de un cordón 'morrénico' en el interior de esta morfología podría deberse al funcionamiento de este circo de origen solifluídal como un pequeño nicho de nivación. De hecho, en este proceso de formación de depresiones de origen solifluídal parecen haber tenido una influencia decisiva en el desarrollo de nichos de nivación, y de los propios circos glaciares.

Dzulynski y Pekala (1980) citaban a este respecto cómo entre los procesos que ayudaban a la formación de los circos de nivación, estaba la acción del hielo-deshielo y el movimiento del material por solifluxión. Según ese razonamiento, los circos de nivación y los *bog cirques* debían ser observados como formas convergentes, desarrolladas bajo condiciones ambientales no necesariamente muy diferentes en sus procesos formadores.

La interpretación de estos fenómenos en el espacio y en el tiempo, permite pensar que este mecanismo de formación de depresiones, tales como deslizamientos, en el que pudieron intervenir varios fenómenos mixtos de gravedad, transporte fluídal y semifluídal, todos ellos en un ambiente periglacial, pudo constituir en el pasado un factor preferencial para la localización de nichos nivales y circos glaciares. De hecho, esta hipótesis cobra fuerza a la vista de las características del Glaciar del Puerto de Navafría, al sur de este accidente orográfico, el cual se sitúa en plena ladera sin una cuenca torrencial definida, y cuya morfología global es muy similar al circo pantanoso de las Regajeras.

En estos casos, la secuencia evolutiva sería:

DESILIZAMIENTO - CIRCO SOLIFLUIDAL - NICHOS DE NIVACIÓN - CIRCO GLACIAR

De hecho, algunos autores (Pedraza y López, 1980; Pedraza y Fernández, 1981; Sanz Herraiz, 1988), ya han apuntado que en la localización de los circos glaciares en el Sistema Central, habría sido tan importante o más que la orientación, la existencia previa de depresiones en las que pudiera acumularse la nieve y formarse hielo.

- *Variaciones en la evolución cuaternaria de la red fluvial*

De compleja puede considerarse la evolución de la red en toda la región nororiental del Guadarrama, condicionada por su desarrollo en un área de gran diversidad estructural, caracterizada por la alineación seriada de *horsts* y *grabens* en este sector del piedemonte.

- *Variaciones en el sistema del río Cega*

Un ejemplo significativo de esta complejidad lo constituyen el río Cega y sus tributarios. Así, cuando éste comenzó a encajarse en la superficie del piedemonte, entre finales del Plioceno e inicios del Pleistoceno, su red tributaria habría comenzado a jerarquizarse, encajándose en una superficie a modo de rampa desarrollada entre los 1.200 m en las zonas más próximas a la sierra, y los 1.000 en el contacto con la subcuenca terciaria. A medida que la red fue encajándose por antecedenencia, la estructura tectónica comenzaría a ejercer su control, y el desarrollo de los ríos ortoclinales (subsecuentes) pasaría a ser dominante respecto a la tendencia original cataclinal. Ello habría originado múltiples capturas en los cursos principales. El propio río Cega, desde su nacimiento tendría su salida natural a partir de una línea definida por las poblaciones de Requijada-El Guijar-Muñoveros, más o menos continua a lo largo de varios arroyos; sin embargo, al llegar a las proximidades del Valle de San Pedro, adopta un giro de casi 90° hacia el Este, siguiendo la dirección del *graben* de Torreval-Valleruela de Sepúlveda; al llegar a la localidad de La Velilla, el Cega toma otro nuevo giro de 90°, esta vez hacia el Norte, en realidad siguiendo el curso del Arroyo del Pontón (El Pontón habría capturado al Cega), cortando posteriormente, ya en forma de valle cataclinal (consecuente) el *graben* Caballar-La Matilla, y saliendo finalmente al la subcuenca terciaria.

Este proceso se repite, como hemos señalado, en los tributarios. Significativo resulta el caso de arroyo Sordillo, o río de Santa Águeda. Tras discurrir por el fondo de la depresión tectónica de Collado-La Salceda, pasa a ser subsecuente hasta la localidad de Requijada; allí, en las inmediaciones de esta localidad, forma un codo de 180°, es decir, invierte totalmente su sentido, y posteriormente otro de 90° hacia el Norte, cortando el *horst* de Arahetes; al llegar al nuevo *graben* de Caballar-La Matilla, forma un giro de 90°, pasando otra vez a ser subsecuente, hasta que desemboca en el río Cega en la localidad de Pajares de Pedraza.

- Captura del río del Puerto

Otro caso significativo es la captura de parte de la red fluvial tributaria del río Tajo por el río del Puerto (o Duratón), penetrando a través del accidente tectónico del Puerto de Somosierra y capturando once kilómetros cuadrados de la cabecera de la cuenca del río Grande de Horcajo. Ello se manifiesta en la existencia de codos de captura y rupturas en los perfiles longitudinales, originando la espectacular cascada del arroyo de la Peña del Chorro.

Inicialmente, la superficie de cumbres en este sector habría tenido un aspecto similar al conjunto de los Montes Carpetanos, con vergencia hacia el sur, presentando en su vertiente septentrional una ladera uniforme, a modo de 'paredón', y en la vertiente meridional, el desarrollo de una red, formada por cursos que seguirían esta vergencia (arroyo de Pedrizas, Peña del Chorro), que, tras su captura, pasarían a verter hacia el Duero.

Los mecanismos administrativos no lograron conciliar este problema geomorfológico; así si algo tenía de natural la división provincial de 1833 en este sector fue la elección de la divisoria de aguas como límite entre las provincias de Madrid y Segovia, límite a su vez de las dos grandes cuencas hidrográficas del Duero y del Tajo. Sin embargo, este detalle no fue considerado, de todo lo cual deriva el hecho de que este sector, administrativamente perteneciente a la Comunidad Autónoma de Madrid, tenga gobernadas sus aguas por la Confederación Hidrográfica del Duero.

I.4. REFERENCIAS

- Alcalá, L. (1982). Estudio sedimentológico de los arenales de Cuéllar (Segovia). *Estudios Geológicos*, XXVIII: 345-358.
- Alía Medina, M., Meléndez Amor, J. y Vidal Box, C. (1957). *Livret-Guide de l'excursion C3 en C4: Guadarrama, Massif de Peñalara et variation El Escorial-Manzanares el Real*. V Congrès International, INQUA, Madrid.
- Alonso, A. (1981). *El Cretácico del borde N del Sistema Central (provincia de Segovia)*. Seminarios de Estratigrafía, nº 7. Madrid.
- Areitio, A. y Quiroga, F. (1874). Excursión geológica por la provincia de Segovia. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, III:333-344.
- Bardají, T., Centeno, J.D. y Sanz Santos, M.A. (1991). Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Turégano (457)*. ITGE, Madrid.
- Bernaldo de Quirós, C. y Carandell, J. (1915). *Guadarrama*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 11.

- Biro, P. (1937).** Sur la morphologie de la Sierra Guadarrama Occidental. *Annales de Géographie*, 259:25-42. (trad. de C. Vidal Box en *Estudios Geográficos*, 6: 155-168, 1945)
- Biro, P. y Solé Sabarís, L. (1954).** *Investigaciones sobre morfología de la Cordillera Central Española*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Bravard, Y. (1966).** Notes morphologiques sur la Tierra de Pinares (province de Segovie, Espagne). *Rev. Geogr. Alpine*, 53: 245-264. Artículo traducido por M. de Pisón en *Estudios Geográficos*, XXVIII(102): 107-124, (1966).
- Brosche, K.U. (1978).** Formas actuales y límites inferiores periglaciares en la Península Ibérica. *Estudios Geográficos*, 39(151): 131-161.
- Brosche, K.U. (1982).** Formas periglaciares antiguas en la Península Ibérica. *Estudios Geográficos*, 43(166): 5-16.
- Bullón, T. (1977).** Los fenómenos periglaciares en la Sierra de la Mujer Muerta (Sierra de Guadarrama). *V Congreso de Geografía*, 35-40. Granada.
- Bullón, T. (1981).** Depósitos cuaternarios en las cuencas altas de los ríos Moros y Eresma. Sierra de Guadarrama. *VII Coloquio de Geografía*, T.I., 195-202. Pamplona.
- Bullón, T. (1988).** *El sector occidental de la Sierra de Guadarrama*. Consejería de Política Territorial, Comunidad de Madrid. Madrid.
- Bullón, T., López-Acevedo, V. y Rodríguez, J. (1978).** Consideraciones sobre el karst del cañón del Duratón (Segovia). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., Ser. Geol.*, 76:19-29.
- Calderón, S. (1897).** Excursión por el terreno cretácico de los alrededores de Segovia. *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXVI: 91-99.
- Calonge, G. (1986).** Los variados testimonios geomorfológicos de diversos climas pleistocenos y holocenos en el sur de la provincia de Valladolid (cuenca del arroyo del Henar). En: F. López Vera (ed.), *Quaternary Climate in Western Mediterranean*, 45-59. UAM, Madrid.
- Calonge, G. (1987).** *El complejo ecológico y la organización de la explotación forestal en la tierra de pinares segoviana*. Diputación Provincial de Segovia, Segovia.
- Cascos, C.S. (1991).** *La Serrezuela de Pradales. Estudio geomorfológico*. Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Centeno, J.D. (1982).** *Síntesis y clasificación geomorfológicas de la Sierra de Guadarrama*. Tesis de Licenciatura. Fac. Cienc. Geológicas, Univ. Complutense, Madrid. (inédito).

- Centeno, J.D., Pedraza, J. y Ortega, L.I. (1983).** Estudio geomorfológico, clasificación del relieve de la Sierra de Guadarrama y nuevas aportaciones sobre su morfología glacial. *Bol. R. Soc. Española His. Nat. (Geol.)*, 8(3-4): 153-171.
- Díez Herrero, A., y Martín Duque, J.F. (1993).** Fenómenos gravitacionales en el entorno de la ciudad de Segovia. Análisis de riesgos y aplicación a la Ordenación Territorial. En: R. Ortiz Silla (ed.), *Problemática Geoambiental y Desarrollo. Actas de la V Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, 681-692. SEGAOT, Murcia.
- Díez Herrero, A., Pedraza, J. y Sánchez Vaquero, J. (1996).** *Fisiografía y paisaje de las hoces del río Duratón*. Guía de campo de la XII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Madrid.
- Dzulynski, K. and Pekala, L. (1980).** Bog cirques and solifluxion valleys in granitic rocks. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 24: 219-235.
- Eraso, A., Graño, S. et al. (1980).** Estudio del karst del Cañón del Duratón (Segovia). *Kobie*, 10:1-127.
- Fernández García, P. (1988).** Evolución cuaternaria y sistemas de terrazas en la subfosa terciaria del Valverde del Majano y el Macizo de Santa María Real de Nieva (Segovia). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)*, 84(1-2): 69-83.
- Fernández García, P. y Garzón, G. (1994).** Ajustes en la red de drenaje y morfoestructura en los ríos del centro-sur de la cuenca del Duero. En: J. Arnáez et al. (eds.), *Geomorfología en España*, 471-484.
- Fernández, P., Garzón, G. et al. (1987).** Ejemplo de clasificación y representación gráfica del territorio por unidades geomorfológicas. En: *III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Comunicaciones*, 1209-1225. GEGAOT, Valencia.
- Fernández García, P., Pedraza, J. et al. (1990).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. El Espinar (507)*. ITGE, Madrid.
- Fernández García, P., Centeno, J.D. et al. (1991).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Valverde del Majano (482)*. ITGE, Madrid.
- Fernández Tabera, M. (1979).** *Avance al catálogo de cavidades de la provincia de Segovia*. Comité Regional Castellano-centro de Espeleología, Madrid.
- Fränze, O. (1959).** *Glaziale und periglaziale Forbildung im östlichen Kastilischen Scheidegebirge (Zentralspanien)*. Bonner Geographische Abhandlungen, 26. (Traducido en *Estudios Geográficos*, 1978, 39: 203-231 y 363-418).

- Gallardo, J., Álvarez, A.M. y Cala, V. (1987).** Suelos con fragipan: indicaciones de permafrost. *Actas VII Reunión sobre el Cuaternario*, 81-84. AEQUA.
- Galve, A. y Moreno Sanz, F. (1991).** Las hundas de Arcones. Evolución y riesgos. *Actas de la VIII Reunión Nacional sobre Cuaternario*.
- Garzón, M.G. (1980).** *Estudio geomorfológico de una transversal de la Sierra de Gredos Oriental (Sistema Central Español). Ensayo de una cartografía geomorfológica.* Tesis Doctoral, Facultad de C.C. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Garzón, M.G., Pedraza, J. y Ubanell, A.G. (1982).** Los modelos evolutivos del relieve del Sistema Central Ibérico (sectores de Gredos y Guadarrama). *Rev. R. Acad. Cienc. Exactas Fis. Nat.*, LXXVI: 475-496.
- Garzón, G., Centeno, J.D. y Acaso, E. (1991).** *Problemas geomorfológicos del centro y noroeste de la península Ibérica.* Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Garzón, G. y Fernández García, P. (1993).** Las capturas fluviales de los ríos Voltoya, Zorita, Moros y Eresma. Sus implicaciones geológicas. En: *El Cuaternario en España y Portugal*, 2: 849-859, IGME, Madrid.
- Gladfelter, B.G. (1971).** *Meseta and Campiña landforms in central Spain. A geomorphology of the Alto Henares Basin.* The University of Chicago, Chicago.
- Hernández-Pacheco, F. (1923).** Las arenas voladoras de la provincia de Segovia. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXIII: 211-216.
- Hernández-Pacheco, F. (1925).** El glaciar cuaternario de tipo pirenaico de la Buitrera, Riaza (Segovia). *Congreso luso-español para el progreso de las ciencias*, 185-192. Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Coimbra.
- Ibáñez, J.J., Gallardo, J. y Jiménez, R. (1986).** Revisión de los procesos paleoclimáticos plio-cuaternarios en el sector oriental del Sistema Central: Somosierra-Ayllón (España). En: F. López Vera (ed.), *Quaternary Climate in Western Mediterranean*, 95-109. Universidad Autónoma, Madrid.
- López Vera, F. y Pedraza, J. (1976).** Síntesis geomorfológica de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. *Estudios Geológicos*, 32:499-508.
- Macpherson, J. (1893).** Fenómenos glaciares en San Ildefonso (Segovia). *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*. XXII: 144-147.
- Martín Duque, J.F. (1992).** Nuevos datos sobre el glaciario pleistoceno en la Sierra de Guadarrama: los glaciares del arroyo de las Pozas y del arroyo del Chorro, y el circo

pantanosos (bog cirque) de las Regajeras. En: F. López Bermúdez *et al.* (eds.), *Estudios de Geomorfología en España*, 393-401. SEG, Murcia.

Molina, E. y Armenteros, I. (1986). Los arrasamientos plioceno y plio-pleistoceno en el sector suroriental de la cuenca del Duero. *Studia Geologica Salmantica*, XXII: 293-307.

Moreno Sanz, F. (1989). *Zonas kársticas en la vertiente N de la Sierra de Guadarrama*. Tesis Doctoral, Fac. Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Moreno Sanz, F. y Sanz Donaire (1983). Estudio de los sedimentos fluviales en conductos kársticos de Prádena de la Sierra (Segovia). *Actas del VI Coloquio de Geografía*, 73-80. AGE, Palma de Mallorca.

Obermaier, H. y Carandell, J. (1917). *Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Geológica, 19, Madrid.

Ontañón, J.M. y Asensio, I. (1974). El circo nivoglaciario del collado de Siete Picos en la Sierra de Guadarrama. Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C. *Actas de la I Reunión Nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario*. volumen 2, pp. 113-117, Madrid.

Palomares, M., Garzón, G. y Fernández, P. (1992a). Evolución de la sedimentación fluvial durante el Pleistoceno en la Depresión de Valverde del Majano (Segovia). *Actas III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*, 2:82-86. Salamanca.

Palomares, M., Garzón, G. y Fernández, P. (1992b). Textura y composición de los depósitos fluviales de la depresión de Valverde de Majano (Segovia) como indicadores de los cambios morfológicos y de red de drenaje. *Estudios Geológicos*, 48:111-121.

Pedraza, J. (1978). *Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama (Sistema Central Español)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense, Madrid.

Pedraza, J. (1989a). El relieve del Sistema Central Español. En: V. Bielza de Ory (ed.), *Territorio y Sociedad en España, I, Geografía Física*, 52-70. Taurus, Madrid.

Pedraza, J. (1989b). El Sistema Central. En: A. Pérez-González *et al.* (coord.), *Mapa del Cuaternario de España*, 163-173, ITGE, Madrid.

Pedraza, J. (1994a). Sistema Central. En: M. Gutiérrez Elorza (ed.), *Geomorfología de España*, 63-100. Rueda, Madrid.

Pedraza, J. (1994b). Los modelos genético-evolutivos del Sistema Central Español: implicaciones morfotectónicas. *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 19:91-118.

- Pedraza, J. (1994c).** Periglaciario del Sistema Central. En: A. Gómez Ortiz *et al.* (eds.), *Periglaciario en la Península Ibérica*, 147-164. Monografías de la SEG, 7, Granada.
- Pedraza, J. y López, J. (1980).** *Gredos. Geología y glaciario*. Madrid.
- Pedraza, J. y Fernández, P. (1981).** Terciario y cuaternario de Bohoyo y Arenas de San Pedro. En *Mapa Geológico de España*, E. 1:50.000, Hojas nº577 y 578.
- Pedraza, J. y Centeno, J.D. (1987).** Nuevo foco glaciario pleistoceno en la Sierra de Guadarrama. *Actas VII Reunión sobre el Cuaternario*, 183-186. AEQUA.
- Pedraza, J., Centeno, J. et al. (1987).** Círculos de piedra e hidrolacólitos actuales en el Sistema Central Español. En: *Actas VII Reunión sobre el Cuaternario*, 187-190, AEQUA.
- Pedraza, J., Centeno, J. y Acaso, E. (1989).** *Macizo de Peñalara*. Excursión C-1, 2ª Reunión del Cuaternario Ibérico, AEQUA-GTPEQ, Madrid.
- Pedraza, J., Villasante, R. et al. (1990).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Cercedilla (508)*. ITGE, Madrid.
- Pedraza, J., Bardají, T. et al. (1991).** Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Segovia (483)*. ITGE, Madrid.
- Pedraza, J., Carrasco, R.M. et al. (1996a).** *Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones*. Rueda, Madrid.
- Penck, A. (1894).** Das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode. *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*.
- Portero, J.M. y Aznar, J.M. (1984).** Evolución morfotectónica y sedimentación terciaria en el Sistema Central y cuencas limítrofes (Duero y Tago). *I Congreso Español de Geología*, III, 253-263. Segovia.
- Prado, C. de (1854).** Note sur la constitution geologique de la province de Segovia. *Bull. Soc. Geol. France*, 11(2):330-338.
- Prado, C. de (1864).** *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta general de Estadística, Madrid. (reedición facsímil a cargo del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en 1975).
- Sanz Donaire, J.J. (1976).** Más huellas glacionivales en los Montes Carpetanos al este del Puerto de Lozoya (Provincia de Madrid). *Bol. Real Soc. Geogr.*, 112: 519-534.

Sanz Herraiz, C. (1977). Morfología glaciaria en la Sierra de Guadarrama (Peñalara-Los Pelados). En: *Medio físico, desarrollo regional y Geografía*, 49-55. V Coloquio de Geografía, Granada.

Sanz Herraiz, C. y Campoamor, A. (1981). La organización del paisaje en los valles de la vertiente N. del Sistema Central. En: *El espacio geográfico de Castilla la Vieja y León, Actas del I Congreso de Geografía de Castilla la Vieja y León*, 77-97. Consejo General de Castilla y León. Valladolid.

Sanz Santos, M.A., Centeno, J.D. et al. (1991). Geomorfología. En: *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Prádena (458)*. ITGE, Madrid.

SEII -Sección de Espeleología de Ingenieros Industriales- (1981). El karst de Prádena (Segovia). *Jumar*, 5: 91-102.

Schwenzner, J.E. (1937). Zur Morphologie des Zentral-spanischen Hochlandes. *Geographische Abhandlungen*, 10, Stuttgart (trad. por C. Vidal Box en el *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 41:121-147, 1943).

Solé Sabarís, L. (1952). Geografía Física de España. En: M. de Terán, (ed.), *Geografía de España y Portugal*, tomo I, Montaner y Simón, Barcelona.

Tanarro, L.M. (1994). Morfología de cárcavas sobre el Mioceno situado entre el piedemonte genésico-calcareo de Pedraza-Prádena y el macizo calcáreo de Sepúlveda (Segovia). En: J. Arnáez-Vadillo et al. (eds.), *Geomorfología en España*, 105-115, SEG, Logroño.

Tanarro, L.M. (1995). *El modelado de los valles de los ríos San Juan y Castilla, afluentes al río Duratón (Segovia)*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Geografía e Historia, UCM, Madrid.

Tanarro, L.M. (1996). El modelado de las laderas del cañón de Casla (Segovia): los abrigos o balmas y su significado geomorfológico. En: A. Grandal y J. Pagés (eds.), *IV Reunión de Geomorfología*, 361-374, SEG, O Castro (A Coruña).